



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL SOSTENIBLE EN LAS ZONAS ATENDIDAS POR ASADAS EN EL CANTÓN DE EL GUARCO.

Serie de documentos de divulgación ambiental del proyecto:

“PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE
SANEAMIENTO AMBIENTAL EN LAS ASADAS DE LA PROVINCIA DE CARTAGO,
CON UN ENFOQUE DE PREVENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO”

EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL SOSTENIBLE EN LAS ZONAS ATENDIDAS POR ASADAS EN EL CANTÓN DE EL GUARCO

Serie de documentos divulgación ambiental del proyecto:

**“PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SANEAMIENTO
AMBIENTAL EN LAS ASADAS DE LA PROVINCIA DE CARTAGO, CON UN ENFOQUE DE
PREVENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO”**

Documento N° DARS-003

Noviembre, 2016

Gaviria-Montoya L; Pino-Gómez M, Soto-Córdoba S.

Evaluación del saneamiento ambiental sostenible en las zonas atendidas por ASADAs en el cantón de El Guarco.

Número de páginas: 74

ISBN: 978-9968-641-90-6
978-9968-641-91-3 PDF

Serie de documentos de divulgación ambiental N° DARS-003

El presente material ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación “**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SANEAMIENTO AMBIENTAL EN LAS ASADAs DE LA PROVINCIA DE CARTAGO, CON UN ENFOQUE DE PREVENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**” código 1460-038 Auspiciado por la Vicerrectoría de Investigación del ITCR en colaboración con el Ministerio de Salud, Regional Este.

Para citar el documento:

Gaviria-Montoya L; Pino-Gómez M, Soto-Córdoba S. (2016). EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL SOSTENIBLE EN LAS ZONAS ATENDIDAS POR ASADAs EN EL CANTÓN EL GUARCO. Cartago.

Palabras claves:

ASADA, agua potable, agua residual, residuos sólidos, sostenibilidad, saneamiento

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo logístico, informativo y de coordinación del Ministerio Salud Región Central Este en especial a las direcciones de las áreas rectoras de: El Guarco Sra. Glorianella Sancho Rodríguez, Oreamuno Sr. Walter Astorga, Paraíso Sr. Carlos Granados Siles y Sr. Anselmo Cordero Céspedes y Turrialba Sra. María José LaFuente González.

Un agradecimiento especial a las Ingenieras Ambientales Ericka Calderón Vargas y Laura Ureña Vargas, en las labores de captura de información, edición, visitas y coordinación de actividades.

Finalmente, agradecemos a las ASADAs de El Guarco:

- Cañón-Macho Gaff-Damita
- Guatuso
- Higuito
- San Isidro

Reseña de los autores

Lilliana Gaviria Montoya

Profesora –Investigadora del Centro de Investigación en Protección Ambiental.

Ingeniera Química, Especialista en Ingeniería Sanitaria.

Profesora Catedrática del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<https://scholar.google.com/citations?user=a9IcusIAAAAJ&hl=es>

Macario Pino Gómez

Profesor-Investigador del Centro de Investigación en Protección Ambiental.

Ingeniero Sanitario, Universidad de Antioquia, Colombia.

Trabajo en la gobernación de Antioquia como asesor de Municipalidades en el sector agua potable y saneamiento.

Evaluador de proyectos de Fundecooperación Costa Rica.

Actualmente es Profesor Instructor de la carrera de Ingeniería Ambiental en donde imparte los cursos de Diseño de sistemas de tratamiento de agua potable y gestión de residuos sólidos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Silvia Soto Córdoba

Profesora-Investigadora del Centro de Investigación en Protección Ambiental.

Dra. Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.

Profesora Catedrática del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<https://scholar.google.com/citations?user=dPFo9UoAAAAJ&hl=es>

Contenido

1. Introducción	10
2. Marco Referencial	11
3. Área de estudio.....	12
3.1 Amenazas Hidrometeorológicas del cantón de El Guarco	13
4. Metodología	16
4.1 Metodología Agua Potable	16
4.1.1 Presentación general	16
4.1.2 Herramientas de apoyo al levantamiento de datos	17
4.1.3 Descripción de las herramientas	17
4.1.4 Procesamiento de la información	18
4.2 Metodología de Aguas Residuales y Residuos Sólidos.....	19
5. Resultados	22
5.1 Características generales de los sistemas de abasto de agua	22
5.1.1 Abonados, y fuentes de abasto por sistema	22
5.1.2 Captaciones	23
5.1.3 Tanques de almacenamiento por sistema.....	26
5.1.4 Sistemas de desinfección	28
5.1.5 Diagnóstico de los niveles de riesgo.....	29
5.1.6 Resumen de los resultados de agua potable	39
5.1.7 Mapa de riesgos	44
5.2 Aguas residuales en el cantón de El Guarco.	47
5.2.1 Caso: comunidad de Higuito	48
5.2.2 Caso: comunidad de San Isidro del Tejar	50
5.2.3 Caso: comunidad de Guatuso.	52
5.2.4 Caso: Comunidad Macho Gaff.....	53
5.2.5 Caso: Comunidad Agua Caliente.....	53
5.3 Resultados Sección de Residuos Sólidos.....	55
5.4 Principales resultados de la encuesta sobre saneamiento ambiental	57
5.4.1 Tema: Información general.....	57
5.4.2 Tema: Residuos Sólidos.....	58
5.4.3 Tema: Aguas residuales	58
5.4.4 Tema: Agua Potable	59
5.4.5 Tema: Compromiso social en actividades de índole ambiental....	60
6. Conclusiones y recomendaciones	61
6.1 Agua Potable	61
6.2 Aguas Residuales.....	62
6.3 Residuos Sólidos.....	63

6.4 Recomendaciones Generales	64
7. Referencias bibliográficas	65
8. Apéndices	67
8.1 Encuesta a usuarios de ASADAs en la Provincia de Cartago.....	67
8.2 Códigos empleados en las encuestas.....	70
8.3 Guía para la realización de aforos	72
8.4 Formato para el registro de los aforos.....	73
8.5 Formato para el registro de mediciones de cloro residual	74

Lista de figuras

Figura 3.1.	Mapa político del cantón de El Guarco, Cartago.	11
Figura 3.2.	Ubicación de los acueductos evaluados Cantón El Guarco.....	15
Figura 1.1.	Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 1, Turrialba, Costa Rica.	19
Figura 1.2.	Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 2, Turrialba, Costa Rica.	19
Figura 1.3.	Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 3, Cartago, Costa Rica.	21
Figura 5.1	Cantidad de abonados, número y tipo de fuentes de abasto por ASADA - El Guarco.	22
Figura 5.2	Ejemplos de tipo de captaciones de nacientes.	23
Figura 5.3	Tipo de nacientes en funcionamiento por cada acueducto - El Guarco.	24
Figura 5.4	Ejemplo de captaciones tipo superficiales.....	24
Figura 5.5	Tipo de captación superficial en funcionamiento por cada acueducto - El Guarco.....	25
Figura 5.6	Ejemplo de tipos de tanques de almacenamiento.	26
Figura 5.7	Número y tipo de construcción de los tanques de almacenamiento por acueducto – El Guarco – Evaluados en los años 2014 – 2016.27	
Figura 5.8	Material de los tanques de almacenamiento en funcionamiento por acueducto – El Guarco.....	27
Figura 5.9	Tipo de desinfección empleada por cada acueducto - El Guarco... 28	
Figura 5.10	Riesgo SERSA para las captaciones tipo naciente acueductos – El Guarco.	29
Figura 5.11	Diferentes captaciones tipo naciente presentes en los acueductos evaluados – El Guarco.....	31

Figura 5.12	Riesgo SERSA para las captaciones tipo superficial acueductos – El Guarco.	32
Figura 5.13	Diferentes captaciones tipo superficial presentes en los acueductos evaluados Cantón – El Guarco.	34
Figura 5.14	Riesgo SERSA para los tanques de almacenamiento de los acueductos – El Guarco.	34
Figura 5.15	Diferentes tanques presentes en los acueductos evaluados Cantón El Guarco.	36
Figura 5.16	Riesgo SERSA en los sistemas de cloración en los acueductos evaluados – El Guarco.	37
Figura 5.17	Diferentes sistemas de desinfección presentes en los acueductos evaluados Cantón El Guarco.	39
Figura 5.18.	Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de San Isidro.	45
Figura 5.19.	Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Higuito.	45
Figura 5.20.	Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Macho Gaff Cañón Damita.	46
Figura 5.21.	Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Guatuso.	46
Figura 5.22.	Recolectores de agua pluvial con vertimiento de aguas grises y acumulación de residuos sólidos.	49
Figura 5.23.	Aguas grises y jabonosas descargadas en fuente natural Río Cucaracha.	49
Figura 5.24.	Ninguna protección de la ribera del río y alta contaminación del cauce.	50
Figura 5.25.	Descarga de agua residual en sistema de recolección de agua de lluvia.	51
Figura 5.26.	Descarga de agua residual en sistema de recolección de agua de lluvia.	51
Figura 5.27.	Ribera de río sin cobertura boscosa mínima de ley.	52
Figura 5.28.	Mezcla de agua residual con aguas pluviales y natural en la misma canalización.	52
Figura 5.29.	Uso de agua para irrigación de campos agrícolas, comunidad de Guatuso.	53
Figura 5.30.	Río contaminado con aguas residuales y residuos sólidos.	54
Figura 5.31.	Ninguna cobertura boscosa alrededor del río.	54
Figura 5.32.	Mapa de Aseo de Vías y Sitios Públicos El Guarco.	56
Figura 5.33.	Análisis causa - efecto del sistema de agua potable de las ASADAs de la Provincia de Cartago.	60

Lista de cuadros

Cuadro 3.1.	Información general de los distritos.....	13
Cuadro 3.2.	Información de las organizaciones que administran el Sector de Agua Potable y Saneamiento –SAPS Cantón del Guarco.	15
Cuadro 4.1.	Clasificación de riesgo y código de colores para aplicar la Metodología Estandarizada SERSA.	18
Cuadro 4.2.	Número de encuestas aplicadas según cantón.	21
Cuadro 5.1.	Evaluación de factores de riesgo identificados en captaciones tipo nacies.	30
Cuadro 5.2.	Evaluación de factores de riesgo identificados en captaciones tipo superficial.	33
Cuadro 5.3.	Evaluación de factores de riesgo identificados en tanques.	35
Cuadro 5.4.	Evaluación de factores de riesgo identificados en la desinfección...38	
Cuadro 5.5.	Riesgos de las estructuras de los acueductos evaluados.	40
Cuadro 5.6.	Resumen del registro de los aforos en las fuentes de agua tanto de la oferta como lo captado por cada fuente y acueducto.	42
Cuadro 5.7.	Resumen de los de los datos relevantes de los tanques de almacenamiento de cada acueducto.	43
Cuadro 5.8.	Resumen del sistema de desinfección de acueductos.	44
Cuadro 5.9.	Nivel de escolaridad determinado entre las personas encuestadas.57	
Cuadro 5.10.	Habitantes por vivienda encuestada.	58
Cuadro 5.11.	Sitios de acopio de materiales valorizables en la provincia de Cartago.....	58
Cuadro 5.12.	Sistemas de tratamiento de aguas negras.	58
Cuadro 5.13.	Escala de las tarifas que pagan los usuarios por el servicio del acueducto ASADAs Provincia de Cartago.....	59
Cuadro 5.14.	Grado de satisfacción de la comunidad a la calidad del agua que suministran las ASADAs.	59

Lista de Siglas y Acrónimos

APPC	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ASADA	Asociación Administradora de Acueductos Rurales
CINARA	Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico
ENOS	El Niño Oscilación Sur
ICAA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
MS	Ministerio de Salud de Costa Rica
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PNUMA	Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PSA	Planes de Seguridad del Agua
SAA	Sistemas de Acueducto y Alcantarillado
SAAP	Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable
SAPS	Sector de Agua Potable y Saneamiento
SERSA	Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud
SICA	Sistema de la Integración Centroamericana

1. Introducción

En varias regiones de Costa Rica, ya se registran condiciones de escasez de agua, las cuales irán en aumento por el efecto del crecimiento poblacional, más aún, si se suma el efecto de la variación del clima el panorama es desalentador.

De acuerdo al IPCC (2008) se espera:

- Afectación del ciclo hidrológico: mayor variabilidad espacial y temporal en la precipitación, según muestran los modelos climatológicos para Costa Rica.

- Afectación de la producción agrícola, hidroeléctrica y la provisión de agua potable.

- Aumento en la frecuencia de las inundaciones y sequías. Esto afectará la calidad del agua y exacerbará muchas formas de contaminación del agua (sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto).

- Modificación en los patrones de cantidad y la calidad del agua debidos al cambio climático, los cuales afectarán la disponibilidad, estabilidad, acceso y utilización de la comida. Esto aumentará la vulnerabilidad de las familias más pobres, y reducirá la seguridad alimentaria.

- El cambio climático afectará la operación de la infraestructura existente para el aprovechamiento de los recursos hídricos (represas para la generación hidroeléctrica, sistemas de riego y drenaje). Plantea un reto al supuesto tradicional de que la hidrología pasada brinda una buena guía para condiciones futuras

El acceso del recurso hídrico debe hacerse en forma integral, considerando la participación activa de todos los sectores, tanto institucionales, políticos, privados, ONGs, universidades, ASADAs y demás. Para esto es necesario mejorar las capacidades de la población y especialmente de los grupos vulnerables, ya que no todos están igualmente preparados para adaptarse al cambio climático.

Por esto es necesario contar con estudios específicos destinados a la detección del riesgo del sector, con el fin de planificar adecuadamente las acciones a seguir, de forma que puedan identificarse los beneficios económicos, técnicos, ecológicos y sociales que se deriven de establecer líneas y acciones de adaptación que garanticen la calidad de vida de la población.

En esta serie de documentos informativos pretendemos establecer una línea base para comprender el estado actual de las ASADAs, y las condiciones de saneamiento ambiental en sus comunidades. Para esto hemos analizado las ASADAs de Guatuso, Higuito, San Isidro, Cañón – Macho Gaff – Damita.

En cada una de estas comunidades se han identificado el estado de infraestructura y gestión de las ASADAS y el estado de las aguas residuales y residuos sólidos.

2. Marco Referencial

El concepto de sostenibilidad se ha convertido en el punto de partida obligado para cualquier discusión relacionada con el manejo y la gestión de los recursos naturales. La búsqueda de soluciones sostenibles ha llevado al sector de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental a comprender que los problemas del sector no son solamente de orden tecnológico, sino que deben ser afrontados desde una visión integral, es decir, tener bien claro lo referente a los aspectos de orden institucional, así como lo administrativo, financiero, económico, comercial, social y de planificación.

Los problemas relacionados con el agua en Latinoamérica, se agrupan en cuatro parámetros:

- Cobertura: el servicio de agua potable no es accesible al mayor número de usuarios.
- Cantidad: el recurso hídrico no es suficiente.
- Continuidad: el servicio de suministro de agua no se encuentra siempre disponible.
- Calidad: el agua no siempre es apta para el consumo humano.

En general un sistema sostenible es aquel que tiene la capacidad de desempeñar sus funciones a un nivel aceptable y por un período indefinido de tiempo utilizando solo los insumos especificados en el diseño del sistema. También se puede definir como la capacidad de un sistema de desempeñar sus funciones a un nivel aceptable y brindar los beneficios esperados durante toda su vida proyectada, utilizando el mínimo de recursos, incluso ambientales. En particular, un sistema de agua y saneamiento es sostenible cuando a lo largo de su vida proyectada suministra el nivel deseado de servicio, con criterios de calidad y eficiencia económica, social y ambiental, el cual debe ser financiado o cofinanciado por sus usuarios, y que es usado de manera eficiente sin que cause un efecto negativo al ambiente (Osorio & Espinosa, s.f.).

Considerando que la definición de sostenibilidad implica un encuentro entre las estructuras política, socioeconómica, legal e institucional, el Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico Cinara - Universidad del Valle Cali - Colombia, con base en su experiencia de trabajo en abastecimiento de agua y saneamiento, ha propuesto un marco conceptual para la sostenibilidad, el cual considera tres dimensiones: comunidad e instituciones locales, ambiente y recursos locales y un tercero ciencia y tecnología, estas dimensiones al interceptarse generan aspectos importantes y decisivos para la sostenibilidad (Gandini, Pérez, & Madera, 2005).

La sostenibilidad de los proyectos rurales de agua potable y saneamiento y de los beneficios que estos aportan a las comunidades, es un tema que preocupa desde hace mucho tiempo a las personas que trabajan en el sector. Aunque no hay muchas referencias bibliográficas sobre la cobertura sostenible, algunos cálculos aproximados indican que en un momento dado, del 30 al 40 por ciento de los sistemas rurales de agua potable en los países en desarrollo pueden ser inoperantes (Lockwood, 2002).

En el sector de agua potable, los conceptos convencionales de sostenibilidad se han centrado principalmente en los aspectos técnicos y financieros y, más recientemente, en la capacidad de largo plazo de las estructuras de gestión comunitaria. Se ha hecho menos énfasis en la necesidad de mantener los beneficios de salud y ambientales de los proyectos (Lockwood, 2002).

Para fortalecer los sistemas de abastecimiento de agua, se busca a través de la implementación de herramientas como SERSA - MINSALUD, con el fin de establecer el nivel de riesgo de las diferentes estructuras que componen un acueducto, de tal forma que el diagnóstico e identificación de los mismos, permitan dirigir y apoyar las acciones, para la superación de las deficiencias y priorizar mecanismos de intervención a seguir en el contexto local por la instancia de administrar y operar el acueducto, en nuestro caso Asociaciones Administradoras de Acueductos Rurales –ASADAs, para el Cantón de El Guarco.

Los recursos hídricos son muy vulnerables a la variabilidad y el cambio climático. La falta del recurso o el exceso de este podrían originar inestabilidad social e incremento de la vulnerabilidad de la población, infraestructura, actividades económicas estratégicas para el desarrollo e incremento de la ocurrencia de conflictos alrededor del recurso hídrico, a lo interno de los países y a nivel internacional.

En América Central y la región del Caribe han ocurrido unos seis (6) episodios de sequías, incluyendo los eventos de El Niño Oscilación Sur (ENOS), y al menos 10 huracanes de una intensidad suficiente para ocasionar pérdidas significativas en vidas humanas y varios sectores de la economía. Las proyecciones de variabilidad y cambio climático realizadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) & PNUMA (2007), y aquellas proyecciones en las Comunicaciones Nacionales de los países, indican que la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos aumentará. Entonces, se podría esperar que, en los próximos 20 años, al menos, ocurran entre 3 y 5 eventos de sequía, y un número de tormentas tropicales, al menos, similares a las ocurridas en los últimos 20 años.

El Guarco es el cantón número 8 de la Provincia de Cartago, Costa Rica, su cabecera es El Tejar. Al Norte limita con el cantón de Cartago; al Sur con los cantones de Desamparados y Dota; al Este con el cantón de Cartago y al Oeste con los cantones de Desamparados y Cartago (Figura 3.1).



Fuente: (Instituto Geográfico Nacional, s.f.)

Para el cantón de El Guarco las coordenadas geográficas medias están dadas por 09°43'57" latitud Norte y 83°54'51" longitud Oeste, el cantón consta de cuatro distritos, los cuales se describen en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Información general de los distritos.

Distrito	Altura ¹ (msnm)	Área (Km ²) ²	Población (2011) ³	Barrios/ Poblados ¹
El Tejar	1,377	6.06	24,984	Asunción, Barahona, Barrio Nuevo, Colonia, Chavarría, Sabana, Sabana Grande, San Rafael, Santa Gertrudis, Sauces, Silo, Viento Fresco, Pitahaya Guatuso, Higuito, Potrerillos
San Isidro	1,388	129.68	9,828	Altamiradas, Alto San Francisco, Bajo Gloria, Bajos de León, Barrancas, Cangreja, Cañón, Casablanca, Casamata, Cascajal, Conventillo, Cruces, Cruz, Chonta, Damita, Dos Amigos, Empalme, Esperanza, Estrella, Guayabal, La Luchita, La Paz, Macho Gaff, Montserrat, Ojo de Agua, Palmital, Palmital Sur, Palo Verde, Paso Macho, Purires, Salsipuedes, San Cayetano, Surtubal, Tres de Junio, Vara del Roble.
Tobosi	1,380	21,12	6,569	Achiotillo, Barrancas, Bodocal, Garita, Purires, Tablón
Patio de Agua	1,960	10,83	412	Bajo Zopilote, Caragral, Común

Fuente:¹(Costa Rica Poder Ejecutivo, 2009), ²(Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica & PNUMA, 2009) , ³(INEC, 2012)

3.1 Amenazas Hidrometeorológicas del cantón de El Guarco

El cantón de El Guarco posee una red fluvial bien definida, la misma cuenta con un grupo de ríos y quebradas que se pueden considerar el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón, dicha red de drenaje está compuesta principalmente por los ríos Reventado, Purires, Empalme, Coris, Lobo y la quebrada Barahona. Algunos ríos y quebradas, han disminuido el período de recurrencia de inundaciones a un año, y algunos a períodos menores, lo anterior por causa de la ocupación de las planicies de inundación, el desarrollo urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación, y al margen de las leyes de desarrollo urbano y forestal. Así mismo la cantidad de residuos sólidos y aguas residuales grises/jabonosos lanzados a los cauces de los mismos, redundando esto y lo anterior en la reducción de la capacidad de la sección hidráulica, lo que provoca el desbordamiento de ríos y quebradas. Situación que se ha generado por los serios problemas de construcción de viviendas cercanas a los ríos y quebradas del cantón de El Guarco¹.

1 Amenazas Hidrometeorológicas del Cantón de Guarco. <http://www.cne.go.cr/Atlas%20de%20Amenazas/ELGUARCO.htm>

Según el Informe de la auditoría de carácter especial sobre la razonabilidad del control ejercido por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados sobre la gestión de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunes - Informe Nro. DFOE-AE-IF-07-2013 de 30 de agosto, 2013 – División de Fiscalización Operativa y Evaluativa Área de Servicios Ambientales y de Energía de la Contraloría de la República de Costa Rica (Contraloría General de la República de Costa Rica, 2013), la situación del sector agua potable y saneamiento de los sistemas de abasto de agua que las ASADAs, como entes administradores de acueductos comunales ubicados en las zonas rurales de los diferentes cantones le ofrecen los servicios de agua potable y saneamiento a sus respectivas comunidades:

“...presentan debilidades en la función rectora del AyA sobre los entes operadores comunales, debido a la insuficiente fiscalización, asesoría y capacitación que les brinda. Únicamente el 10% del total de 1490 entes operadores han sido sujetos de evaluación mediante el “Instrumento de Caracterización de ASADAS”, el cual, permite definir el nivel de madurez del ente operador según categorías y seguidamente ajustar los requerimientos de asesoría y capacitación a las necesidades específicas de los operadores.

Por otra parte, se determinaron incongruencias en la conformación del sector de acueductos comunales, dado que existen 576 entes operadores en condiciones económicas que no permiten un enfoque empresarial ni su sostenibilidad; además, se reportan 748 entes operadores cuya tarifa no es la establecida por la ARESEP, en su mayoría cobran tarifas inferiores. Asimismo, se determinó la existencia de 565 entes operadores bajo figuras que no se encuentran vigentes en el ordenamiento jurídico, de ellos 277 corresponden a ASADAS sin convenio de delegación suscrito con el AyA, 259 a Comités Administradores de Acueductos Rurales, 16 se reportan en categoría “por definir” y 13 a asociaciones de distinta naturaleza.

También, se registran cooperativas prestadoras del servicio de agua, principalmente en la región Huetar Norte. Además, el AyA señala la existencia de acueductos dados en delegación dentro del Área Metropolitana, lo cual no es posible, según la Ley Constitutiva del AyA.

El AyA no ha definido los criterios de conveniencia, prioridad y viabilidad establecidos en su normativa, para desarrollar nuevos acueductos comunales mediante el Programa de Suministro de Agua Potable para Comunidades Rurales, financiado por el Fondo de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares. Además, no existe priorización para el desarrollo de estos acueductos, lo cual, según indica el AyA, permite encontrar casos de comunidades prioritarias que no se atienden con antelación a otras.....” (Contraloría General de la República de Costa Rica, 2013). ”

En el Cuadro 3.2, se presenta por distrito los sistemas de acueducto y las ASADAs respectivas que operan y administran estos acueductos con sus respectivos abonados y habitantes que son atendidos por cada ASADA, además se reporta la condición si hay desinfección y tipo o sistema de cloración aplicado.

Cuadro 3.2. Información de las organizaciones que administran el Sector de Agua Potable y Saneamiento –SAPS Cantón del Guarco.

Distrito	Nombre del ente operador y administrador del acueducto	N° de Abonados	N° de Habitantes	¿Posee Desinfección?
San Isidro	San Isidro - ASADA	567*	2500*	Sí (Método Pastillas)
San Isidro	Palo Verde - ASADA	61	250	No hay desinfección
San Isidro	Empalme Abajo - ASADA	ND	ND	ND
San Isidro	La Cangreja - ASADA	68	272	No hay desinfección
San Isidro	Macho Gaff Cañón y Damita - ASADA	348*	1600*	Sí (Método Pastillas)
San Isidro	La Estrella – ASADA	ND	ND	ND
San Isidro	Higuito – ASADA	647*	2847*	Sí (Método Pastillas)
San Isidro	Guatuso - ASADA	230*	1012*	No hay desinfección
San Isidro	Cruce Santa María Dota - ASADA	ND	ND	ND
Tobosi	Tablón - ASADA	ND	ND	ND
Tobosi	Tobosi - ASADA	ND	ND	ND
Patio de Agua	Caragral -ASADA	ND	ND	ND
Patio de Agua	San Martín – ASADA	ND	ND	ND

ND: No Disponible

Fuente: Ministerio de Salud de Costa Rica, (2014).* Información recolectada por el grupo investigador mediante consultas a las ASADAs.

En el presente proyecto se realizó la evaluación de los riesgos de las estructuras hidráulicas que componen un acueducto. El citado trabajo se ejecutó en las ASADAs de: San Isidro, Macho Gaff-Cañón-Damita, Higuito y Guatuso. En Figura 3.2, se observa la ubicación de las ASADAs evaluadas en el Cantón de El Guarco.

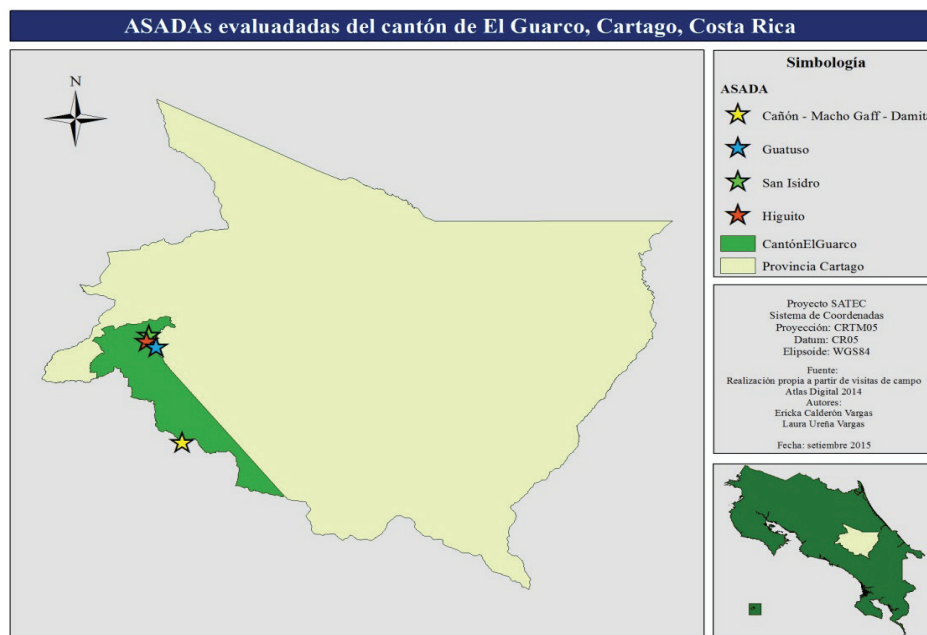


Figura 3.2. Ubicación de los acueductos evaluados Cantón El Guarco.
Elaborado a partir del Atlas Digital (Tecnológico de Costa Rica, 2014)

4. Metodología

4.1 Metodología Agua Potable

4.1.1 Presentación general

En los últimos años, las metodologías de diagnóstico utilizadas en proyectos de agua potable y saneamiento para países en desarrollo han sufrido diversos cambios, principalmente para superar los límites que impiden lograr la sostenibilidad de las infraestructuras de agua potable y saneamiento, lo que se busca es una apropiación comunitaria, la cual fortalezca la sostenibilidad de los sistemas en el tiempo. Por ello para focalizar los esfuerzos es necesario realizar diagnósticos participativos que permitan identificar de forma conjunta no sólo la problemática sino también las fortalezas y mecanismos de acción, tanto en términos materiales, como también sociales y organizacionales e institucionales.

En este sentido el diagnóstico es un medio, no es un fin, por eso no hay que convertirlo en el objetivo sofisticado y complejo, es más bien un proceso enteramente participativo, que se convierta en el primer paso, en la construcción colectiva de propuestas de la gestión en espacios participativos para aportar insumos en la toma de decisiones de forma colectiva.

Las metodologías participativas buscan garantizar el éxito de un proyecto o intervención y de manera complementaria, desarrollar a la comunidad. *“El aprendizaje participativo se centra en la filosofía que*

la gente no puede ser desarrollada, sino desarrollarse a sí mismo con sus propias acciones. En este sentido, el aprendizaje participativo también se enfoca en el desarrollo de las capacidades humanas para evaluar, crear, elegir, planear y organizar iniciativas” (Silva Rodríguez De San Miguel, 2014).

4.1.2 Herramientas de apoyo al levantamiento de datos

Tanto el Ministerio de Salud –MS- como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados –ICAA-, han desarrollado herramientas para el levantamiento de datos y establecer los niveles de riesgo de los componentes de un sistema de abastecimiento y la capacidad de gestión del ente administrador en este caso las ASADAs, siendo ambas complementarias e importantes dentro de la estructura de riesgos y gestión, para la sostenibilidad de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado –SAA-.

4.1.3 Descripción de las herramientas

4.1.3.1 Guías de Inspección SERSA: Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud.

El Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA), es una herramienta basada en la metodología de análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), siendo esta la principal plataforma para la legislación internacional y las buenas prácticas de fabricación para los sectores de la industria alimentaria.

La evaluación del riesgo es el proceso de identificar y magnificar las consecuencias negativas que pueden resultar de una acción, proporcionando información sobre los posibles impactos ecológicos o en la salud pública; la gestión del riesgo ayuda a tomar decisiones para controlar los peligros identificados en la evaluación, considerando aspectos sociales, científicos, tecnológicos, económicos, legales y políticos que faciliten la toma de decisiones y acciones de gestión (EPA, 2000; NAP, 2002; OMS, 2004b). Estos dos procesos son un requisito esencial para cualquier empresa del sector productivo (Hrudey et al., 2006); en los sistemas de abastecimiento de agua potable (SAAP) y saneamiento son de gran importancia para garantizar la seguridad del agua (Lindhe et al., 2009).

Una de las herramientas comúnmente empleadas para la gestión del riesgo es el Análisis de peligros y puntos críticos de control - APPCC (Hazard Analysis and Critical Control Point - HACCP), siendo aplicado en los SAAP desde mediados de 1990 (EPA, 2006) y utilizado en el desarrollo de los PSA (Planes de Seguridad del Agua) (Davison et al., 2005; EPA, 2006). (Pérez Vidal, Torres Lozada, & Cruz Vélez, 2009).

Originalmente, los planes APPCC se diseñaron para abordar los problemas relacionados con riesgos físicos, químicos y biológicos de los alimentos (FAO, 2003). El APPCC es un sistema racional de control, que incluye la anticipación de los riesgos asociados con la producción y la identificación de los puntos en los que pueden ser controlados dichos riesgos, es un sistema de control lógico y directo basado en la prevención de problemas: una manera de aplicar el sentido común.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable son análogos a la industria de producción de alimentos, ya que también el producto final, en este caso el agua, es llevado a la población general que la utiliza para las diversas actividades domésticas y para su ingesta. Bajo este contexto, la teoría de APPCC y la herramienta SERSA ha sido aplicada por el Ministerio de Salud de Costa Rica en los sistemas de abastecimiento de agua, con el fin, de identificar los niveles de riesgos asociados en los diferentes componentes de los sistemas de agua y sugerir medidas preventivas a seguir, entendiéndose el riesgo como la probabilidad que un agente contaminante se presente en el agua y cause daño a la salud humana.

En el SERSA, agua para consumo humano, se identificaron los siguientes componentes del sistema como puntos de control críticos:

- Fuente de abastecimiento sea esta naciente, captación superficial o pozo.
- Tanque de almacenamiento.
- Línea de conducción.
- Sistema de potabilización.

Para la realización de la evaluación de riesgo existen 10 preguntas en cada uno de los componentes, las cuales son validadas en sitio a través de una inspección sanitaria o visita de campo para la evaluación de estos componentes. Cada respuesta tiene el mismo peso, por lo cual la valoración final se hace a través de la sumatoria de preguntas contestadas afirmativamente y ésta indicará el nivel de riesgo en el componente evaluado. El nivel de riesgo y el código de color asociado con el número de respuestas afirmativas se presentan en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Clasificación de riesgo y código de colores para aplicar la Metodología Estandarizada SERSA.

Número de Respuestas "Sí"	Clasificación de Riesgo	Código de Colores
0	Riesgo Nulo	
1 - 2	Riego Bajo	
3 - 4	Riesgo Intermedio	
5 - 7	Riesgo Alto	
8 - 10	Riesgo Muy Alto	

Fuente: (Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015)

Cabe resaltar que, en cada uno de los cuestionarios de los componentes evaluados, se han identificado preguntas categorizadas como críticas, las cuales requieren mayor atención por parte del administrador y operador del servicio de abastecimiento de agua.

4.1.3.2 Visita de campo y levantamiento de la información

En coordinación con las entidades administradoras de los acueductos comunales del cantón se realizaron visitas programadas a cada SAA, con el fin de realizar la respectiva inspección para la aplicación del instrumento SERSA. En cada visita se contó con la participación del fontanero o algún miembro de la junta administradora de cada ASADA.

En las visitas se identificaron los niveles de riesgo en cada componente del sistema acorde a las preguntas del formato, consignando la información en cada una de las fichas según corresponda. Se tomaron fotografías y geo-referenciaron de sitios visitados de cada una de las estructuras existentes por acueducto, para dar soporte a la información levantada. A lo largo de las visitas se realizaron las recomendaciones correspondientes según la característica observada.

4.1.4 Procesamiento de la información

4.1.4.1 Consignación de la información

La información levantada en campo fue sistematizada y se preparó una hoja de cálculo donde fueron digitados los resultados encontrados para la herramienta SERSA, para cada una de las comunidades o ASADAs visitadas en este cantón.

4.2 Metodología de Aguas Residuales y Residuos Sólidos

Para recabar la información sobre los temas de Aguas Residuales y Residuos Sólidos se elaboró y aplicó una encuesta en las zonas rurales atendidas por ASADAs en toda la provincia de Cartago. Dentro de la encuesta también se preguntó sobre el tema del servicio de agua potable y su calidad.

Adicionalmente a la encuesta, se realizaron giras de inspección a las diferentes zonas para corroborar los datos.

La población total atendida por ASADAs en la Provincia de Cartago es aproximadamente 131559 personas o sea un total 31621 servicios de agua potable.

$$\frac{N * (a_c * 0,5)^2}{1 + (e^2 * (N - 1))}$$

Se seleccionó una muestra de población, dicha muestra se diseñó estadísticamente para brindar una confianza del 95% sobre la hipótesis. Se utilizó la ecuación siguiente para la selección de la muestra:

La solución a la ecuación anterior da como resultado un valor de 387 entrevistas, los investigadores toman la decisión de incrementar en un 60% este valor para asegurar un margen de error de no respuesta.

El total de encuestas aplicadas fueron 614 entre las diferentes comunidades atendidas por ASADAs, así es como se visitaron lugares como: Cot, Cipreses, Orosi, Palomo, La Suiza de Turrialba, El Congo, Tucurrique, Pejibaye, Humo, San Miguel, Tres Equis, Pavones, Javillos, Eslabón, La Pastora, Santa Cruz, Verbena, Santa Rosa, Aquiares, Río Claro, San Antonio, San Martín, Sictaya, Torrealba, Higuito.

La encuesta fue diseñada utilizando el criterio de expertos en los temas necesarios para la recolección de la información, se usaron preguntas de respuestas única y múltiple de acuerdo con (Sampieri, Collado, & Lucio, 2002). Se validó la encuesta aplicándola en línea a una población de 16 voluntarios, luego se corrigieron los errores de interpretación o preguntas mal planteadas.

Se entrenaron 37 estudiantes de Ingeniería Ambiental del TEC para que contaran con criterio a la hora de encontrarse con toma de decisiones al realizar las entrevistas, se aplicó la encuesta bajo la supervisión de los investigadores.

La encuesta se dividió en cinco secciones: (ver Apéndice 1)

- 1) Información general sobre la persona y hogar entrevistado: nombre, edad, sexo, escolaridad y dirección de la vivienda.
- 2) Manejo de residuos sólidos en el hogar: identificación del ente recolector de residuos sólidos en la comunidad, forma de separar los residuos sólidos, conocimiento de tipos de materiales en los residuos valorizables.
- 3) Agua potable: costo del servicio, percepción de la comunidad sobre la calidad del agua recibida por parte de la ASADA, medidas que se toman en el hogar para el ahorro del agua.
- 4) Agua residual: tipo de tratamiento del agua residual de inodoros, aguas grises, tipo de tecnología utilizada en inodoros, ubicación del drenaje del tanque séptico.
- 5) Compromiso comunal ambiental.

Se planificaron tres rutas para aplicar la encuesta con el objetivo de abarcar toda la provincia de Cartago sin tomar en cuenta las zonas protegidas de conservación.

Cada encuesta aplicada contó con un número de identificación de la persona que entrevistó, el número de cantón, número de distrito y ASADA a la que pertenecía. Los números de cantón y distrito utilizados son los mismos que usa el INEC.

A continuación, se presentan las rutas diseñadas y las comunidades atendidas por las ASADAs visitadas.

En la Figura 4.1 se muestra la ruta 1 de encuestas, en la cual se realizaron 178 encuestas.



Figura 1.1. Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 1, Turrialba, Costa Rica.

En la Figura 4.2 se muestra el recorrido para la ruta 2 de encuestas, donde se realizó un total de 147 encuestas.



Figura 1.2. Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 2, Turrialba, Costa Rica.

En la ruta 3 de encuestas se aplicó un total de 318 encuestas, siguiendo el recorrido que se muestra en la Figura 4.3



Figura 1.3. Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 3, Cartago, Costa Rica.

Se contó con autobuses aportados por el TEC para transportar a los equipos formados por estudiantes y profesores a puntos centrales de las comunidades, desde donde los aplicadores caminaron y entrevistaron a las personas.

Los resultados de la encuesta se digitaron en una hoja electrónica de Excel y luego fueron analizados utilizando el programa Mintab 7.0.

Cuadro 4.2. Número de encuestas aplicadas según cantón.

El Guarco	Oreamuno	Paraíso	Turrialba	Jiménez	TOTAL
23	188	113	216	73	614

Como segunda parte de la metodología, se realizaron visitas de campo a las comunidades de las ASADAs previamente seleccionadas, para comprobar los problemas de saneamiento identificados en la encuesta y corroborar datos sobre las comunidades seleccionadas. La selección de la muestra representativa de ASADAs de toda la Provincia de Cartago se hizo con los criterios de tamaño de ASADA y si contaba o no con desinfección.

Se elaboró un check list para evaluar visualmente las condiciones y se tabularon posteriormente los resultados.

En el caso de los residuos sólidos también se consultó con las municipalidades de cada zona en cuanto a las características de la recolección de residuos sólidos, los lugares de tratamiento y la frecuencia de recolección. Posteriormente se realizó una inspección visual para determinar la presencia de residuos sólidos en las calles, aceras, parques, quebradas y ríos.

Una parte adicional de la metodología fue la comprobación de contaminación de aguas de fuentes naturales que atraviesan las comunidades de las ASADAs seleccionadas en la muestra representativa. Por lo tanto, se realizaron análisis físico químicos en diferentes fuentes superficiales en el área de Higuito y río Páez en Cot, se realizaron análisis de DBO₅, pH, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales.

5. Resultados

5.1 Características generales de los sistemas de abasto de agua

Mediante este apartado se permite describir las características técnicas de los Sistemas de Abasto de Agua –SAA- evaluados.

5.1.1 Abonados, y fuentes de abasto por sistema

De los acueductos evaluados en este cantón, en la Figura 5.1, se muestra que el número de abonados se localiza entre 230 y 647, el número de fuentes de abasto utilizadas se ubica entre 2 y 9 según el acueducto. Con estos resultados, se puede concluir que existen acueductos, que poseen pocos abonados y por ende baja población, lo cual afecta la sostenibilidad de los sistemas de abasto, en los aspectos de calidad, cantidad y continuidad del servicio, llegando a generar problemas de tipo ambiental, financieros, sociales y económicos para la producción de agua potable. Otro aspecto es la presencia de varias fuentes de agua por acueducto, lo cual ocasiona altos costos de inversión, protección y mantenimiento de las estructuras de captación, redes de conducción y distribución, tanques de almacenamiento y sistemas de desinfección y otras estructuras como quiebra-gradientes.

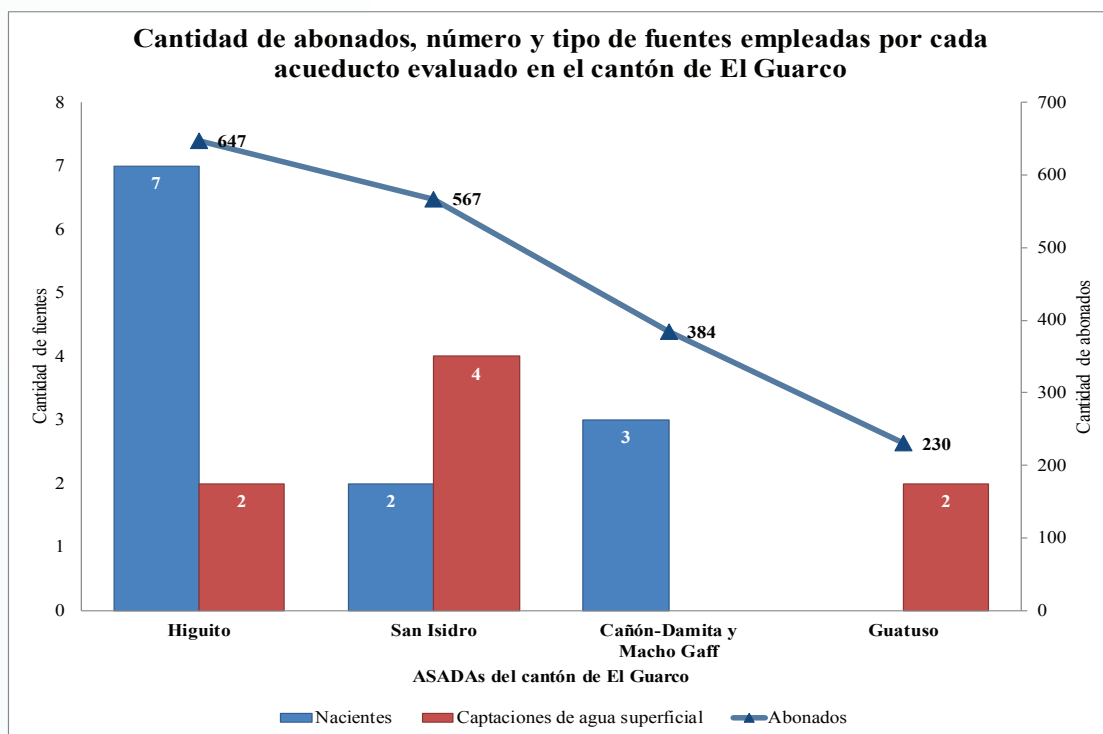


Figura 5.1 Cantidad de abonados, número y tipo de fuentes de abasto por ASADA - El Guarco.

Los acueductos emplean varias fuentes para el abasto, como es el caso de Higuito, donde existen 9 fuentes para abastecer de agua a 647 abonados, esta condición se presenta debido a que las fuentes en la zona son de bajos caudales lo que hace necesario tener una sectorización de la población meta, tomando como base la oferta de cada fuente en función de la demanda de cada sector.

La fuente tipo naciente es la más utilizada en estos acueductos. De la Figura 5.1, de las 20 fuentes de agua que abastecen estos cuatro acueductos, se concluye que el 60% son fuentes tipo nacientes y el 40% son fuentes superficiales. A partir del tipo de la fuente que abastece un acueducto se puede tener una idea de la calidad del agua, es el caso de las nacientes, sus características a simple vista se identifican como aguas de buena calidad en los parámetros de turbidez, color y olor. Para este tipo de fuentes casi en la mayoría de los casos no se requiere de un sistema de tratamiento, siempre y cuando las captaciones, conducciones, tanques y redes de distribución sean bien construidas y no permitan que el agua se contamine en estas estructuras hidráulicas antes de llegar la comunidad. El único tratamiento requerido es la desinfección que se aplica más por efecto de prevención a la contaminación por agentes externos.

En el caso de las fuentes superficiales sus características varían según las condiciones climatológicas, en estas fuentes su mayor particularidad es la presencia de una alta concentración de sólidos sedimentables como suspendidos, lo cual origina altos valores en turbiedad y en la mayoría de los casos presencia de contaminación orgánica tanto en las épocas de lluvias como la época seca. En el caso de escasas lluvias se observa aguas con bajo contenido de sedimentos, pero puede tener contaminación orgánica. Estas dos condiciones establecen la necesidad de disponer de sistemas de potabilización y desinfección permanente.

Otro aspecto a tener en cuenta es la combinación de aguas de naciente con aguas superficiales, como fuentes para el abasto de un acueducto, generando aguas con sedimentos en época de lluvias y contaminación orgánica y en época seca, aguas claras, pero poseen contaminación orgánica, lo cual concluye que son aguas que deben ser potabilizadas y desinfectadas mediante un sistema de tratamiento permanente, para garantizar que dichas aguas sean aptas para el consumo humano.

5.1.2 Captaciones

5.1.2.1 Tipo de captación de nacientes



Captación enterrada



Captación semi-enterrada

Figura 5.2 Ejemplos de tipo de captaciones de nacientes.

De las fuentes con captación tipo nacientes que más se presenta en estos cuatro acueductos evaluados son las captaciones enterradas, este tipo de captaciones producen aguas, que por lo general son de buena calidad, es importante anotar que este tipo de nacientes son las que, los acueductos prefieren seleccionar como fuentes de abasto de sus acueductos, en muchos casos prefieren estas fuentes aun cuando estén muy alejadas de la comunidad, lo cual ocasiona altos costos de inversión. Los costos de operación y mantenimiento de tuberías, accesorios y quiebra-gradientes son altos en estas estructuras, ya que algunas poseen varios años de estar funcionando y entonces su alto deterioro ocasiona frecuentes reparaciones de fugas, situación que se aumenta por el vandalismo, fallas geológicas, además los terrenos por donde pasan estas estructuras en su mayoría son terrenos privados. En Figura 5.2 tipos de captaciones de nacientes y en la Figura 5.3, se observa que el 92% de las nacientes son tipo enterrada solo una naciente es semi-enterrada.

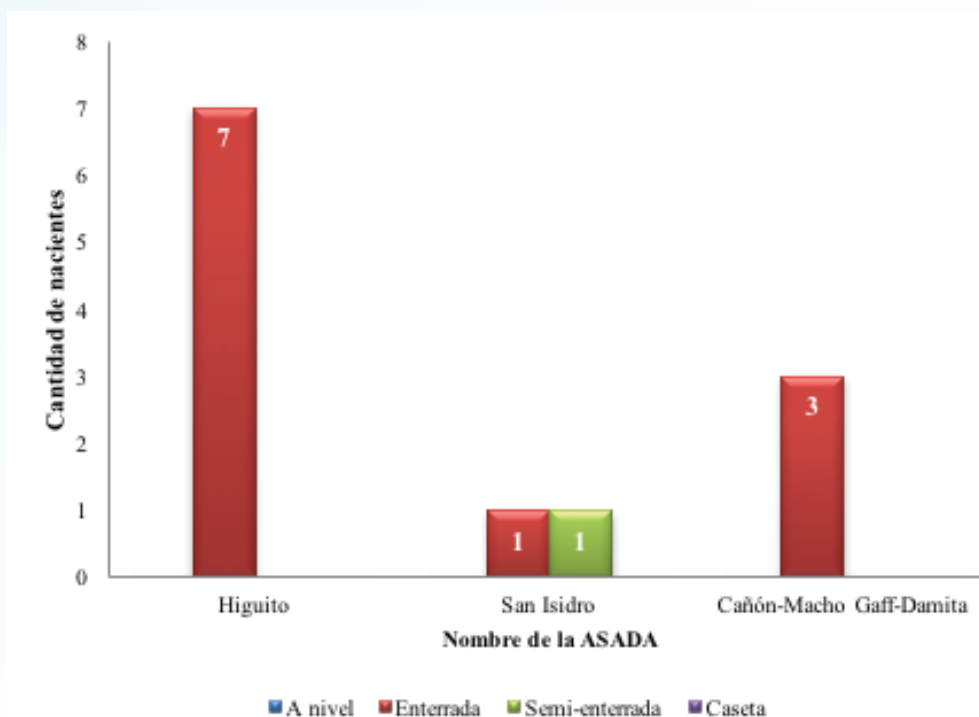


Figura 5.3 Tipo de nacientes en funcionamiento por cada acueducto - El Guarco.

5.1.2.2 Tipo de captación superficial



Figura 5.4 Ejemplo de captaciones tipo superficiales.

De las fuentes con captación tipo superficial que más se presentan en estos cuatro acueductos evaluados, son tres captaciones tipo embalse y tres con estructuras de rejillas y dos estructuras tipo lateral. En la Figura 5.4, se muestran los tipos de captaciones existentes en los acueductos evaluados.

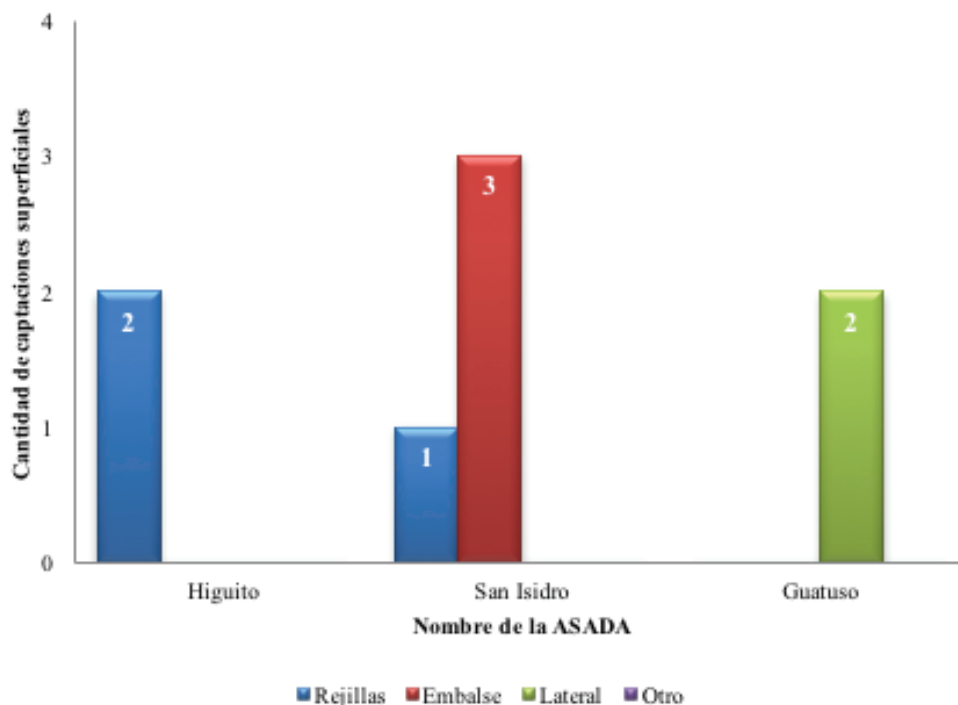


Figura 5.5 Tipo de captación superficial en funcionamiento por cada acueducto - El Guarco.

En Figura 5.5 se muestra el tipo de nacientes superficiales que poseen estos acueductos. El tipo de captación de embalse que más prevalece en estos acueductos es un muro que se construye en concreto ciclópeo o reforzado el cual debe tener su respectivo diseño, se ubica perpendicular al flujo, su función es crear una barrera que ocasiona un embalse donde se almacena el agua formando una poza, en la parte inferior del muro o uno de sus costados se coloca un tubo el cual toma el agua según su capacidad, en algunos casos se lleva a un desarenador y en otros casos se lleva el agua directamente al tanque. Este tipo de captación superficial posee varios problemas en los que se destacan:

- Al estar el agua estancada en el fondo de la poza se depositan sólidos orgánicos los cuales ocasionan contaminación al agua.
- Existe la posibilidad de arrastre de lodos por el tubo de captación del agua dado que este se ubica en el fondo de la poza.
- Este tipo de captación no permite realizar un aforo del caudal captado de una forma fácil.
- Se requiere una mayor vigilancia sobre todo en la época de lluvia y limpieza.

La captación superficial tipo rejilla, es una estructura hidráulica mediante una rejilla metálica que se coloca en la parte superior de un muro en concreto ciclópeo o reforzado, el cual debe tener su respectivo diseño, se ubica perpendicular al flujo, su función es orientar el flujo del agua para que pase por encima del muro y atraviese la rejilla, la cual es debidamente diseñada para la captación del caudal requerido por la comunidad a partir de estudios de demanda y oferta de agua de la fuente. Este sistema posee la ventaja que el agua no forma embalse, si no que pasa directamente por la estructura sin ningún represamiento. Para este tipo de captación si la rejilla es debidamente diseñada se puede establecer su aforo de manera fácil. En época de lluvia esta estructura permite que la rejilla no sea taponada por materiales dado que su ubicación permite que los materiales como piedras y ramas pasen sin ningún problema por encima de la rejilla.

La captación superficial tipo lateral, en una estructura que se ubica en un costado del cauce de una corriente, y se construye mediante un canal abierto que sirve de desvío de una parte o todo el caudal de la fuente, para ser llevado hasta un tubo con un diámetro fijo. El no disponer de rejas u obstáculos al flujo en el canal antes de llegar al tubo puede ocasionar el ingreso de materiales gruesos, los cuales pueden afectar el flujo por el tubo y/u obstruir totalmente la boca del tubo. Este tipo de estructuras son muy vulnerables a las crecientes o cabezas de agua que se presenten en la fuente, en épocas de lluvia, además es una estructura que requiere una mayor vigilancia y limpieza en esta época.

La captación superficial que se refiere a otro tipo, corresponde a una conexión realizada colocando una manguera frente del flujo para capturar el agua, se carece de una adecuada estructura hidráulica que garantice evitar la entrada de piedras, ramas, hojas, insectos y otros sólidos. Este tipo de captación genera altos riesgos y contaminación del agua con materia orgánica.

5.1.3 Tanques de almacenamiento por sistema



A nivel



Semi-enterrado

Figura 5.6 Ejemplo de tipos de tanques de almacenamiento.

5.1.3.1 Cantidad y tipo de tanques de almacenamiento por ASADA

Los acueductos evaluados están utilizando entre 1 a 6 tanques de almacenamiento por sistema de abasto, en la Figura 5.7, se observa que existen dos acueductos que poseen un solo tanque, un acueducto con tres y otro con seis tanques. Para un acueducto que posee varios tanques de almacenamiento se pueden presentar mayores probabilidades de tener pérdidas de agua por fugas o reboses de los tanques, niveles de cloro residual por debajo de la norma afectando la calidad del agua, necesidad de tener que realizar re-cloración. Otro aspecto que se observó es que en los tanques donde se realiza la desinfección no se dispone de mecanismos hidráulicos y/o mecánicos, para el cierre del ingreso del agua a los tanques cuando estos llegan a su capacidad máxima, e igualmente no se disponen de mecanismos hidráulicos y/o mecánicos para el cierre de la cloración ocasionando pérdidas de agua y cloro.

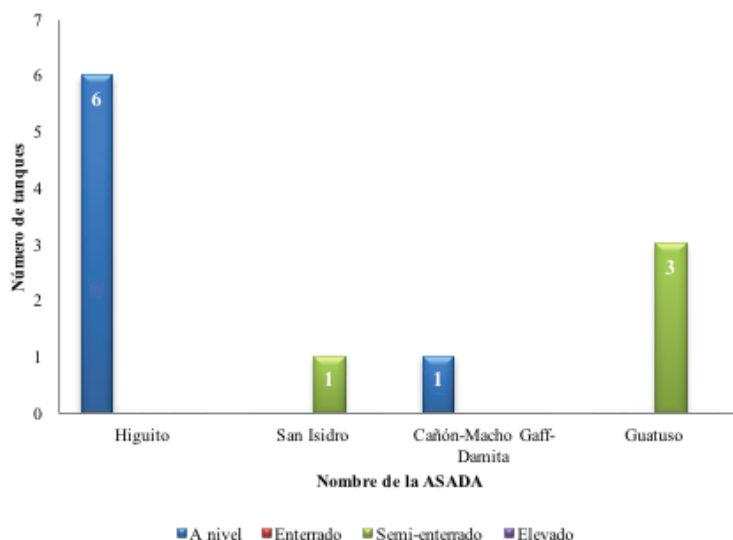


Figura 5.7 Número y tipo de construcción de los tanques de almacenamiento por acueducto – El Guarco – Evaluados en los años 2014 – 2016.

5.1.3.2 Material de los tanques

El principal material que se utiliza en los tanques de abastecimiento es concreto. En la Figura 5.8, se observa que la mayoría de los acueductos poseen tanques en concreto, algunos en los recientes años han instalado tanques de polietileno. Es importante anotar que, en los tanques de concreto, en funcionamiento, según la inspección se observó deterioro del concreto en los muros y de acuerdo a la información de los fontaneros estas estructuras superan los 15 años de funcionamiento, esto plantea la necesidad planificar inversiones altas en la construcción de nuevos tanques de almacenamiento.

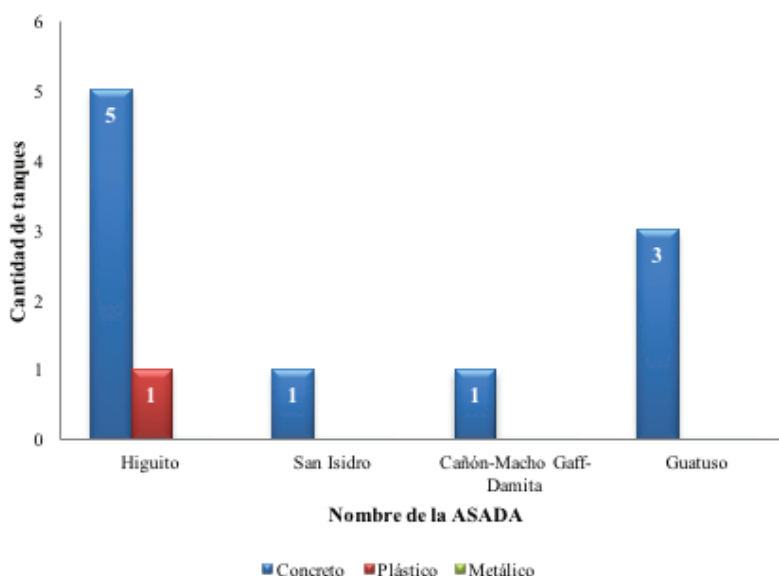


Figura 5.8 Material de los tanques de almacenamiento en funcionamiento por acueducto – El Guarco.

5.1.4 Sistemas de desinfección

El sistema de desinfección aplicado por estos cuatro acueductos según la Figura 5.9, es el sistema conocido como desinfección con “Pastillas”, este sistema es el utilizado dada su fácil operación y bajos costos tanto del equipo como de los reactivos. Sin embargo, en las visitas de campo realizadas a estos acueductos se observaron ciertas debilidades que se presenta en la desinfección mediante este sistema:

- Los equipos están siendo construidos por el mismo personal operativo (fontaneros) generando problemas en la desinfección del agua.
- No se dispone de mecanismos para el aforo del agua que ingresa a los tanques, el sitio donde se realiza la cloración no es el adecuado, no se tiene conocimiento de la concentración de la solución de cloro preparada y no se realiza el cálculo del caudal que se debe aplicar de la solución de cloro preparada al flujo que ingresa al tanque.
- Ninguna ASADA dispone de información sobre la curva de demanda de cloro del agua que llega a cada uno de los sistemas de cloración en funcionamiento.
- El equipo utilizado para la medición del cloro residual no está debidamente calibrado y son equipos que poseen un uso de varios años y además la lectura es subjetiva debido a la observación por comparación de colores. Se considera se debe tener equipo electrónico.

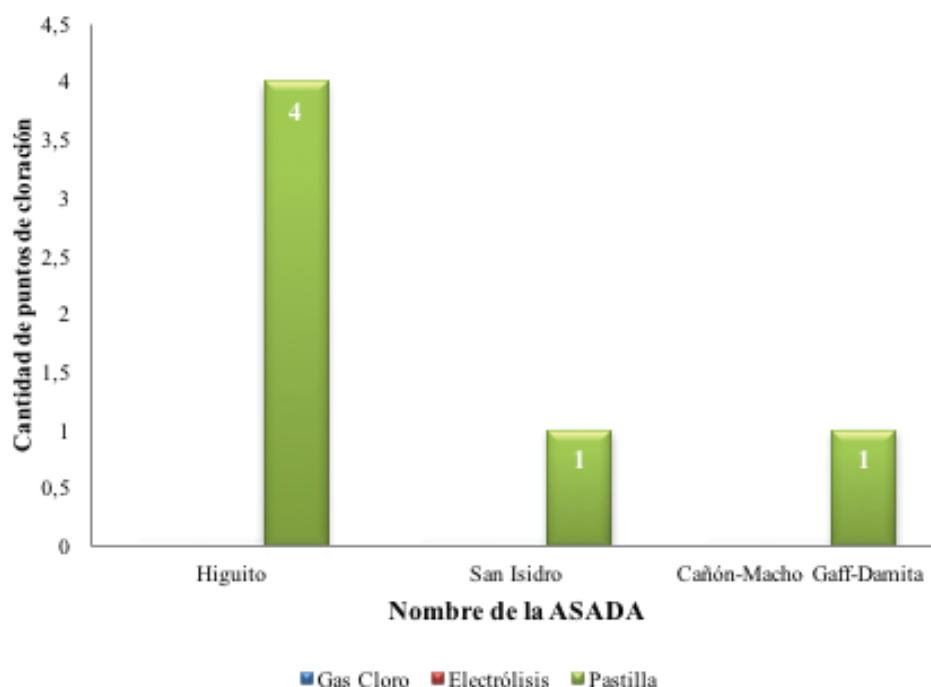


Figura 5.9 Tipo de desinfección empleada por cada acueducto - El Guarco.

Por lo anterior la cloración se realiza a prueba de error, donde el operario encargado aplica una dosis de solución de cloro y luego procede con las pruebas de cloro residual en redes y compara este valor con la normativa, si es mayor disminuye la dosis aplicada y si es menor aumenta la dosis y así hasta llegar a tener valores de cloro residual en redes que cumplan con la norma 0,3 – 0,5ppm.

Otro aspecto que se observó con la desinfección es que hay tanques que no poseen mecanismos hidráulicos y/o mecánicos, para el cierre del ingreso del agua a los tanques, cuando este llega a su nivel máximo se presenta reboses/rebalses, lo cual ocasiona altas pérdidas de agua y de cloro. El acueducto de Guatuso no posee desinfección.

5.1.5 Diagnóstico de los niveles de riesgo

5.1.5.1 Captaciones - Tipo nacientes

Se revisaron un total de 12 nacientes, en la Figura 5.10, de todas las nacientes el mayor nivel de riesgo encontrado fue muy alto en un acueducto lo que representa el 8,3% de los cuatro acueductos evaluados, riesgo alto en 8 nacientes en dos acueductos, lo que representa un 66,7%, un nivel intermedio en 2 nacientes en un acueducto para un 16,7% y una captación con un riesgo bajo, lo que representa un 8,3%. De la inspección sanitaria se observó que la calidad de agua que se generan en dichas fuentes es buena y las estructuras de captación en su mayoría se localizan en un nivel de riesgo intermedio-alto, lo cual requiere la necesidad de corregir los riesgos encontrados con el fin de llevar cada naciente en lo posible a cero riesgos y así disminuir la vulnerabilidad y estabilidad de cada estructura.

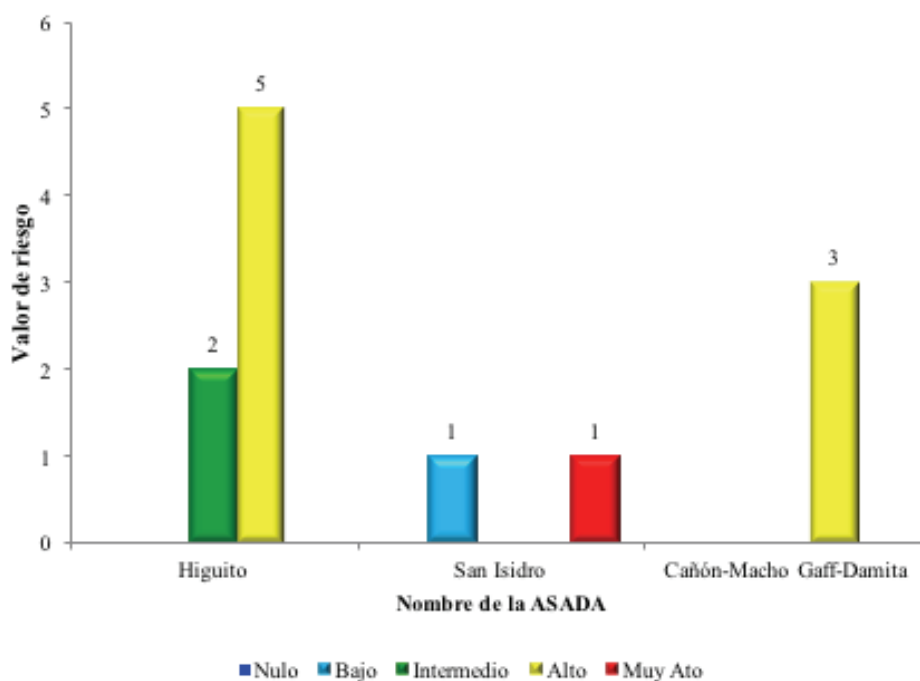


Figura 5.10 Riesgo SERSA para las captaciones tipo naciente acueductos – El Guarco.

En relación a los 10 factores de riesgo evaluados en las captaciones tipo nacientes según la ficha SERSA, en el Cuadro 5.1, se detalla la frecuencia jerarquizada que presenta cada elemento de riesgo en las captaciones de este tipo revisadas, para los acueductos evaluados.

Cuadro 5.1. Evaluación de factores de riesgo identificados en captaciones tipo nacientes.

Factor de Riesgo	N° de factores positivos
¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación? (crítica)	12
¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	10
¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)	8
¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?	7
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura)	6
¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)	5
¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas? (crítica)	5
¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro)?	4
¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación).	1
¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica)	2

Como lo muestra el Cuadro 5.1 los factores de riesgo más incidentes fueron:

- Nacientes sin cerca de protección. **(crítica)**
- Se carece de respiraderos con rejilla de protección.
- Se carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía. **(crítica)**
- Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros).

Para el caso de la ausencia de cercas de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación, se da por la imposibilidad de construirlas dado que las nacientes se encuentran ubicadas en lotes de particulares con los cuales no se han hecho acuerdos.

Las nacientes fueron construidas teniendo como primera misión poder captar todo el flujo de agua que se produce, dada la estructura en casi todos los casos en concreto no se tuvo la preocupación de dejar un respirador en la tapa de la estructura antes de la colocación del concreto. Es importante hacer referencia al estado de la concesión de agua de cada fuente ante el MINAE.

La instalación de canales perimetrales para desviar o recolectar las aguas de escorrentía producto de las lluvias, y que estas aguas no se infiltren o drenen a la captación, es una necesidad para evitar la posible mezcla de aguas superficiales con las de nacientes lo cual puede ocasionar contaminación de las aguas desde el punto de la captación.

La presencia de plantas dentro de la zona donde se capta el agua es una falta de revisión periódica de la estructura. La limpieza de las nacientes debe ser una tarea obligatoria y de cumplimiento por parte del personal de mantenimiento del acueducto.

Es importante resaltar que hay factores de riesgo que son críticos, en este caso se observa que en la evaluación de las captaciones tipo nacientes, se dio una alta incidencia en dos factores de riesgo, lo que es recomendable que la ASADA mire estos factores como prioritarios en los planes de mejoras del acueducto. Figura 5.11 se pueden observar las diferentes estructuras de captación de tipo nacientes que poseen los acueductos evaluados, las fotos dan la evidencia de los riesgos a que están sometidas estas estructuras.



Figura 5.11 Diferentes captaciones tipo naciente presentes en los acueductos evaluados – El Guarco.

5.1.5.2 Toma de agua superficial

De los acueductos visitados, en Figura 5.12, se detectaron 8 captaciones tipo superficial. El mayor nivel de riesgo encontrado fue, muy alto en dos acueductos lo que representa un 75%, para el nivel muy alto un acueducto y 12,5% para el nivel alto e intermedio, en un acueducto por cada categoría. De la inspección sanitaria se observó que la calidad de agua, es muy vulnerable y susceptible de contaminación, dado que las aguas están totalmente expuestas a ser contaminadas tanto por personas como animales y/o ser afectadas por las condiciones climáticas de cada microcuenca aguas arriba de la captación.

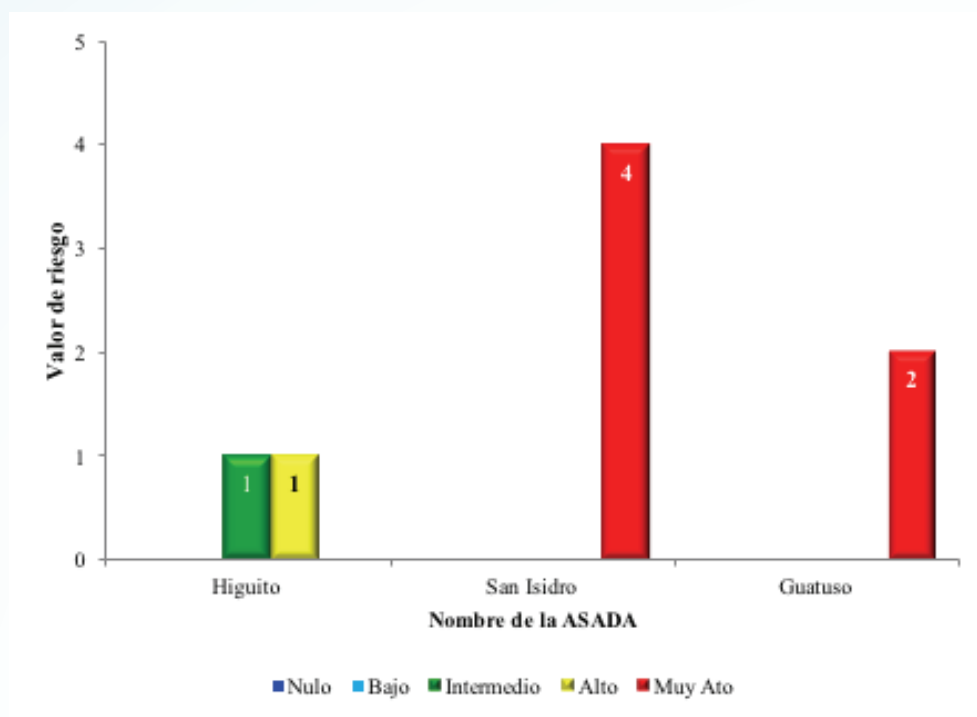


Figura 5.12 Riesgo SERSA para las captaciones tipo superficial acueductos – El Guarco.

Como lo muestra el Cuadro 5.2, los factores de riesgo en captaciones superficiales más incidentes fueron:

- La captación fuera de un área protegida.
- El área alrededor de la toma sin cerca.
- Se tiene acceso libremente. **(crítica)**
- Presencia de plantas (raíces, hojas y otros).
- No hay infraestructura de protección.
- Fuentes de contaminación alrededor de la toma. **(crítica)**
- Rejillas en malas condiciones.
- No existe desarenador.

Cuadro 5.2. Evaluación de factores de riesgo identificados en captaciones tipo superficial.

Factor de Riesgo	N° de factores positivos
¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?	8
¿Está el área alrededor de la toma sin cerca o malla de protección?	8
¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río? (crítica)	8
¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?	7
¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o actividad industrial)? (crítica)	6
¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?	6
¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?	5
¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?	2
¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua? (crítica)	1
¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?	1

Las condiciones de riesgo que se presentan en estas captaciones tienen un vínculo estrecho con su ubicación en terrenos de particulares con poca sensibilidad frente al cuidado del agua de uso público, los cuales no están protegidos y por ende carecen de cercas, tienen acceso libre de personas y de animales, no hay limpieza periódica de las estructuras hidráulicas de captación, no se guardan los retiros a las fuentes ni a las captaciones ocasionando afectación a las corrientes superficiales, las rejillas en mal estado y en muchos casos después de este tipo de captaciones no se dispone de desarenadores.

En la Figura 5.13, se observan las diferentes captaciones tipo superficial que poseen los acueductos evaluados, las fotos dan evidencias sobre los riesgos a que están sometidas estas estructuras, es importante anotar que en estos sitios se capta el agua que es llevada para ser clorada en los tanques.



Figura 5.13 Diferentes captaciones tipo superficial presentes en los acueductos evaluados Cantón – El Guarco.

5.1.5.3 Tanques de almacenamiento

De los acueductos visitados, se verificaron 11 tanques de almacenamiento, en la Figura 5.14, se observa que el mayor nivel de riesgo encontrado fue alto en un acueducto lo que representa un 27,3%, el nivel intermedio se dio en dos acueductos para un 45,5%, para un nivel bajo y nulo se dio en un acueducto, para un 9,1%, cada uno. De la inspección sanitaria se observó que la calidad de agua, es muy vulnerable y susceptible de contaminación, en los tanques de nivel alto e intermedio, lo cual representa el 72,7% de la muestra evaluada.

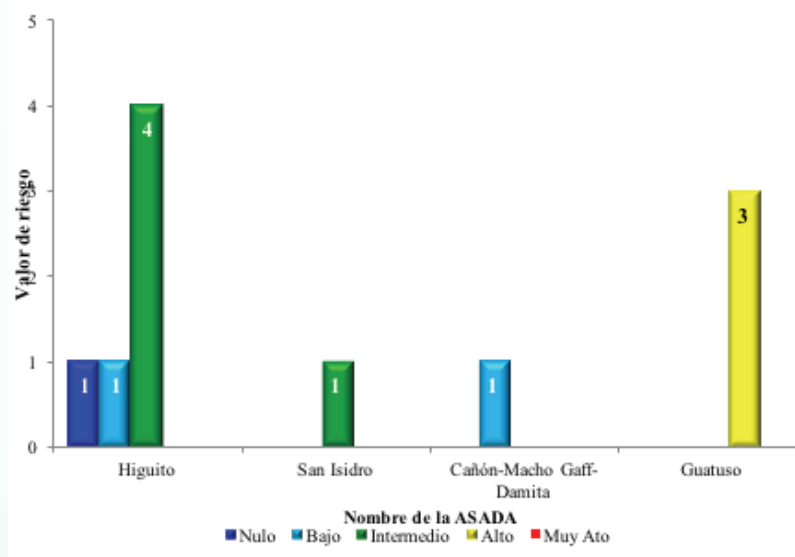


Figura 5.14 Riesgo SERSA para los tanques de almacenamiento de los acueductos – El Guarco.

En relación a los 10 factores de riesgo evaluados en los tanques el Cuadro 5.3 se muestran las frecuencias jerarquizadas según la aplicación del instrumento SERSA de cada factor de riesgo en los tanques de almacenamiento visitados.

Cuadro 5.3. Evaluación de factores de riesgo identificados en tanques.

Factor de Riesgo	N° de factores positivos
¿Carece de borde de cemento alrededor del tanque (menor a 1 metro) y la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)	9
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial) (crítica)	8
¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	7
¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)? (crítica)	7
¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección? (crítica)	6
¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?	4
¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración? (crítica)	3
¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias? (crítica)	1
¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?	1
¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?	0

Como lo muestra el Cuadro 5.3, los factores de riesgo más incidentes en los tanques de almacenamiento fueron:

- Es el borde de cemento alrededor del tanque menor a 1 metro.
- Existencia de alguna fuente de contaminación alrededor del tanque. **(crítica)**
- Ausente o defectos en la cerca de protección.
- Paredes con agrietadas o herrumbradas. **(crítica)**
- Ausencia de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección. **(crítica)**
- Existencia de sedimentos, algas u hongos dentro del tanque.
- Ausencia o fuera de operación el sistema de cloración. **(crítica)**

El borde de cemento o acera es un elemento de protección importante, sin embargo, su relevancia va a estar determinada por la ubicación del tanque en el terreno (nivel o enterrado) y las necesidades van acorde a las posibilidades de contaminación por escurrimiento superficial.

La presencia de fuentes de contaminación alrededor del tanque, este riesgo es más alto dependiendo de los usos del suelo vecinos al tanque, se observaron usos como ganadería, viviendas cercanas, actividades agrícolas, otro aspecto que le sumaría a este riesgo es el no disponer del cerco protector del tanque lo cual se aumenta el riesgo que el tanque esté más vulnerable a ser afectado por cualquier factor externo.

Con respecto a la cerca de protección de este tipo de estructuras, en muchos casos no se tiene debido a que los tanques por lo general se ubican en terrenos privados por lo que en casi todos los casos los dueños no permiten que se coloquen cercas o mallas para proteger los tanques de ingresos de personas y/o animales, sin embargo se considera realizar gestiones de compra de estos terrenos o en caso contrario negociar con los dueños la posibilidad de instalación de mallas que protejan estas estructuras, con fin de prevenir posibles de acciones vandalismo.

Dado que los tanques son de concreto, muchos de estos presentan grietas; estas grietas se dan en muchos de los casos por juntas frías, también se notan malas terminaciones del concreto en la fase de construcción por falta de acomodo y compactación ya sea con vibradores o con varillas. Muchas de estas fugas los operadores las han reparado, pero éstas vuelven y afloran debido a inadecuados procedimientos, puesto que se utilizan morteros simples sin apoyo de productos epóxicos.

La presencia de sedimentos, algas u hongos dentro del tanque es un riesgo porque el agua se puede contaminar, aunque se aplique la desinfección, esta situación se debe a una falta de mantenimiento y limpieza periódica del tanque. Otro aspecto que puede estar ocasionando la presencia de algas u hongos dentro del tanque, es que el agua al entrar pueda estar ingresando estos elementos al interior del tanque.

La mayoría de los tanques de almacenamiento son estructuras que están realizando la distribución directa a sus respectivos usuarios y al no tener la cloración en esta estructura se le está llevando agua a sus usuarios sin desinfección incumpliendo con la normativa nacional sobre la obligación de cloración que deben tener todos los acueductos del país para garantizar que el agua que llega a sus usuarios sea potable.

En la Figura 5.15, se presentan los tanques de almacenamiento utilizados por los acueductos evaluados, donde se pueden observar los riesgos que cada tanque posee.



Figura 5.15 Diferentes tanques presentes en los acueductos evaluados Cantón El Guarco.

5.1.5.4 Sistemas de desinfección

La tecnología aplicada para la desinfección del agua instalada es llamada por las ASADAs sistema “cloración con pastillas”, dicho sistema utiliza tabletas en su gran mayoría de 8 cm de diámetro de hipoclorito de calcio de lenta disolución, el equipo consiste de un tubo de PVC que contiene otro tubo en su interior con agujeros, el cual sirve como depósito de las pastillas de hipoclorito de calcio al 70% de contenido de cloro. Al interior del tubo llega agua, sin previo tratamiento, que disuelve por contacto las pastillas, generándose una disolución de la cual se desconoce la concentración de la solución de cloro y el caudal aplicado de la misma.

Otro aspecto a resaltar es que existen sistemas de cloración que son construidos por el personal operativo de las ASADAs, lo cual hace que la operación de la desinfección posea mayores deficiencias en la preparación y aplicación de la solución de cloro.

Los equipos de cloración no están debidamente calibrados y la gran mayoría son equipos que ya cumplieron su vida útil y además su medición es subjetiva debido a su observación por comparación de colores.

De los acueductos visitados, se verificaron 6 sistemas de cloración, importante anotar que todos estos sistemas son conocidos como “desinfección con pastillas”. El mayor nivel de riesgo encontrado fue alto en 5 sistemas de cloración de dos acueductos lo que representa un 83,3%, para el nivel intermedio se dio en un sistema de cloración de un acueducto para un 16,7%. En el acueducto de Guatuso no se realiza ninguna desinfección del agua para la comunidad usuaria. Tal como se ilustra en la Figura 5.16.

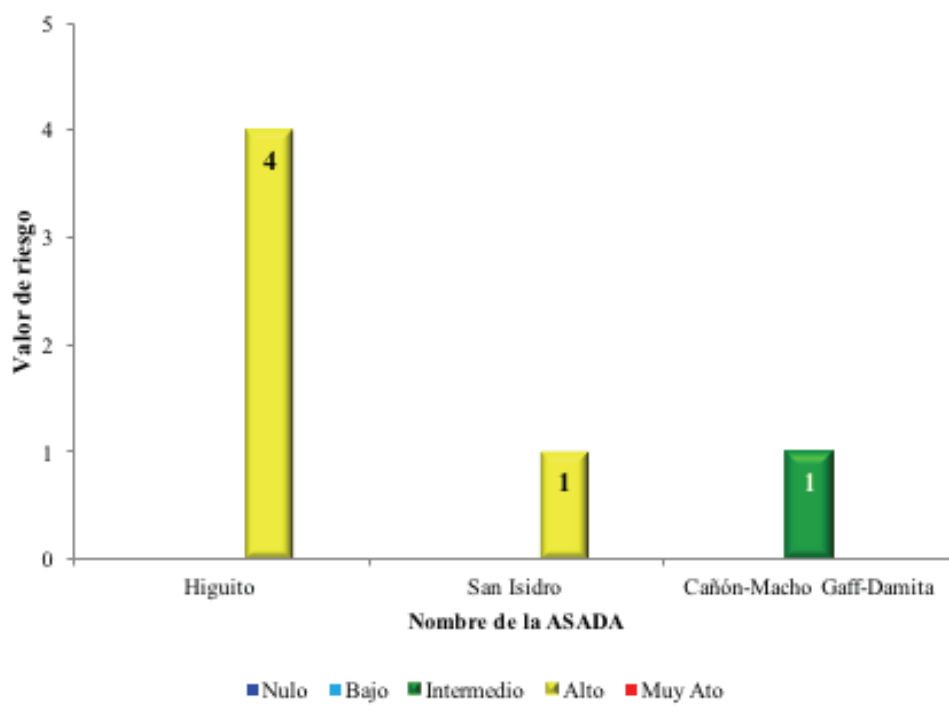


Figura 5.16 Riesgo SERSA en los sistemas de cloración en los acueductos evaluados – El Guarco.

Todos los sistemas no tienen cámaras de contacto de cloro, se dosifica a tasa constante en los tanques de almacenamiento, por lo cual los tiempos de residencia del cloro se desconocen, la mezcla no es homogénea en toda el área del tanque, no se dispone de información del caudal que ingresa a los tanques y se desconoce de la demanda de agua durante el día. En la mayoría de los casos se desconoce

la concentración de la solución de cloro aplicada, con respeto a la dosificación de la solución de cloro en muchos casos no se reporta este valor.

Los tanques donde se realiza la cloración no disponen de los sistemas de regulación del ingreso del agua, de igual forma los sistemas de cloración, lo que ocasiona que los tanques al rebalsar se presenten pérdidas de cloro y agua.

Cabe resaltar que en algunos sistemas de desinfección la dosificación tiene deficiencias técnicas, ya que el goteo no se verifica con medición de volumen y tiempo, si no de manera visual, lo cual no garantiza las dosis necesarias.

No se dispone de información sobre la curva de demanda de cloro del agua que llega al tanque en cada uno de los acueductos evaluados.

En relación a los 10 factores de riesgo evaluados en los tanques, en el Cuadro 5.4, se muestran las frecuencias jerarquizadas según la aplicación del instrumento SERSA de cada factor de riesgo en la desinfección de los acueductos visitados.

Cuadro 5.4. Evaluación de factores de riesgo identificados en la desinfección.

Factor de Riesgo	Nº de factores positivos
¿Carece el acueducto de bitácora de la dosificación del cloro? (crítica)	6
¿Carece el operario de la capacitación necesaria para la preparación y aplicación de la cloración? (crítica)	6
¿Se carece de registros de la concentración y del caudal de la solución de cloro preparada y aplicada? (crítica)	6
¿Se carece de registros de caudal del agua a ser clorada (caudal que ingresa al tanque donde se homogeniza el cloro)?	6
¿Se carece de una zona/caseta debidamente acondicionada para la preparación y aplicación del cloro? (crítica)	5
¿Se carece del equipo de protección necesaria para el personal operativo del sistema de cloración? (crítica)	5
¿Se carece del equipo para la medición de cloro residual	0
¿Se carece de registros de los niveles de cloro residual en tanque(s) de almacenamiento?	0
¿Se carece de mantenimiento periódico del sistema de cloración?	0
¿Se carece de registros de consumo de cloro día/semana/mes/año?	0

Como lo muestra el Cuadro 5.4, los factores de riesgo más incidentes en la desinfección fueron:

- Se carece de la bitácora con el registro de la dosificación del cloro.
- El operario carece de la capacitación necesaria para la preparación y aplicación de la cloración.
- No hay registros de la concentración y del caudal de la solución de cloro preparada y aplicada.
- No se cuenta con los registros del caudal de agua a ser clorada

El disponer de un registro (bitácora) permite dar seguimiento, establecer fallas y poder corregir anomalías en la operación de la desinfección que es vital en procesos de potabilización de agua para consumo humano, por tanto, el llevar un buen registro de la operación de la desinfección es de suma importancia. Otro aspecto de riesgo es la falta de capacitación del personal que realiza las actividades de preparación de la solución de cloro y la aplicación de la dosis de la solución preparada, donde esta persona desconoce varios aspectos como la concentración de la solución, el caudal de ingreso al tanque y por ende qué caudal de solución debe aplicar. Por lo anterior se observan malas prácticas en la aplicación de la cloración.

En la Figura 5.17, se presentan los diferentes tipos de desinfección “con pastillas” utilizados por los acueductos evaluados, donde se pueden observar los riesgos que cada sistema presenta dando evidencias que la cloración no garantiza una acertada desinfección del agua, la cual será suministrada a la comunidad usuaria.



Figura 5.17 Diferentes sistemas de desinfección presentes en los acueductos evaluados Cantón El Guarco.

5.1.6 Resumen de los resultados de agua potable

Mediante este resumen se quiere dar una presentación del resultado del instrumento SERSA aplicado en los cuatro acueductos que fueron evaluados en este estudio. Es importante anotar que cada ASADA se le hizo entrega de un documento donde se les presentó el estado de cada componente del acueducto y se formuló un plan de mejoras, con el fin que cada ASADA diseñe un plan para disminuir los riesgos de su acueducto.

Consideramos que estudio puede ser empleado por el Ministerio de Salud, para promover que otras ASADAs realicen su propia evaluación de su acueducto. Para las ASADAs consideramos que estos

estudios son la base de la información para darle respuesta a MINSALUD de sus reportes operativos según la nueva normativa emitida en el año 2015.

5.1.6.1 Resumen de riesgos de cada uno de los componentes de los acueductos evaluados

Según Cuadro 5.5, de las 20 fuentes (12 tipo nacientes y 8 tipo superficiales), para las fuentes tipo naciente se obtuvo el siguiente resultado: Una captación tipo naciente con un riesgo muy alto en el acueducto de San Isidro, ocho captaciones tipo naciente con un alto riesgo (5 en el acueducto de Higuito y 3 en el acueducto de Macho Gaff Cañón Damita), 2 nacientes con riesgo intermedio en el acueducto de Higuito y una naciente con riesgo bajo en el acueducto de San Isidro.

De las 8 captaciones tipo superficiales se obtuvo el siguiente resultado: Dos captaciones tipo superficial con un riesgo muy alto en el acueducto de Guatuso, cinco captaciones superficiales un alto riesgo (4 en acueducto de San Isidro y 1 en el acueducto de Higuito), una captación tipo superficial con riesgo intermedio en el acueducto de Higuito.

Cuadro 5.5. Riesgos de las estructuras de los acueductos evaluados.

ACUEDUCTO	Riesgos de las Estructuras		
	Fuentes- Nacientes/Superficiales	Tanques de Almacenamiento	Desinfección
ASADA SAN ISIDRO			
Captación Casa Blanca N°2	Alto		
Captación Lobo N°1 (Antigua)	Alto		
Captación Lobo N°2	Alto		
Captación Lobo N°1 (nueva)	Alto		
Naciente Casa Blanca N°1	Bajo		
Naciente El Gringo	Muy Alto		
Tanque de Almacenamiento		Intermedio	
Tanque de Reunión		Alto	
Sistema de cloración			Alto
ASADA HIGUITO			
Naciente Palo Blanco 1	Alto		
Naciente Palo Blanco Oeste	Alto		
Naciente Los Monge	Intermedio		
Naciente Pequeña del Gringo	Alto		
Naciente Santa Cecilia	Intermedio		
Naciente Los Fuentes	Alto		
Naciente Los Piris	Alto		
Captación Los Acuña (Río Cucaracha)	Alto		
Captación Grande del Gringo (Río Chiflón)	Intermedio		
Tanque Palo Blanco		Intermedio	
Tanque Santa Cecilia		Bajo	
Tanque Los Fuentes N°1 (concreto)		Intermedio	
Tanque Los Fuentes (plástico)		Nulo	
Tanque Oficina		Intermedio	
Tanque el Gringo		Intermedio	

ACUEDUCTO	Riesgos de las Estructuras		
	Fuentes- Nacientes/Superficiales	Tanques de Almacenamiento	Desinfección
Sistema de cloración en tanque El Gringo			Alto
Sistema de cloración en tanque Palo Blanco N°1			Alto
Sistema de cloración en tanque Santa Cecilia			Alto
Sistema de cloración en Los Fuentes (concreto)			Alto
ASADA MACHO GAFF CAÑÓN DAMITA			
Naciente N°1	Alto		
Naciente N°2	Alto		
Naciente N°4	Alto		
Tanque de Almacenamiento		Bajo	
Tanque de Reunión		Bajo	
Sistema de cloración			Intermedio
ASADA GUATUSO			
Captación N°1	Muy Alto		
Captación N°2	Muy Alto		
Tanque de Almacenamiento N°1		Alto	
Tanque de Almacenamiento N°2		Alto	
Tanque de Almacenamiento N°3		Alto	
Sistema de Cloración			No Posee

Importante resaltar que esta evaluación muestra un numero alto de captaciones tanto tipo naciente como superficiales con riesgos muy alto, alto e intermedio lo cual presenta que estas estructuras poseen una alta vulnerabilidad a que la calidad del agua desde las captaciones se pueda contaminar.

5.1.6.2 Resultados de los aforos en las captaciones de los acueductos evaluados –Cantón de El Guarco

Según Cuadro 5.6 se presentan los registros de los aforos de caudales que vienen realizando las ASADAs en las respectivas captaciones de las fuentes de cada acueducto, con respecto a esta información recolectada por este proyecto se observa lo siguiente: Los acueductos de San Isidro e Higuito poseen la cultura de realizar aforos y registros de los caudales que están siendo captados de cada fuente, pero no se están realizando los aforos de la oferta de cada fuente, las ASADAs Macho Gaff Cañón Damita y Guatuso no están realizando ningún tipo de aforo, en el Apéndice 3 se muestra una guía realizar los aforos de manera correcta.

La presente información es de vital importancia para cada ASADA, con el fin de poder establecer los valores en la variación de cada fuente de oferta de agua y la variación de lo demandado por el acueducto, por cada fuente tanto en épocas de lluvias como en épocas de pocas lluvias durante cada año, esta información es importante para cada ASADA, con el fin de establecer indicadores de la capacidad que posee la ASADA sobre los volúmenes de reserva de caudales que posee el acueducto para garantizar su abasto a su población que viene creciendo su necesidad de recursos hídrico.

Cuadro 5.6. Resumen del registro de los aforos en las fuentes de agua tanto de la oferta como lo captado por cada fuente y acueducto.

ACUEDUCTO	Valores de aforos de caudales en las fuentes oferta y captados (L/s)			
	Año 2014		Año 2015	
	Oferta de la fuente	Captado para el acueducto	Oferta de la fuente	Captado para el acueducto
ASADA SAN ISIDRO				
Captación Casa Blanca N°2	NR	5,27	NR	6,39
Captación Lobo N°1 (Antigua)	NR	5,90	NR	7,55
Captación Lobo N°2	NR	3,14	NR	5,04
Captación Lobo N°1 (Nueva)	NR	ND	NR	14,44
Naciente Casa Blanca N°1	NR	0,60	NR	1,10
Naciente El Gringo	NR	0,26	NR	1,34
ASADA HIGUITO				
Naciente Palo Blanco	NR	3,31	NR	ND
Naciente Palo Blanco Oeste	NR	NR	NR	ND
Naciente Los Monge	NR	0,82	NR	ND
Naciente Pequeña del Gringo	NR	0,12	NR	ND
Naciente Santa Cecilia	NR	0,15	NR	ND
Naciente Los Fuentes	NR	0,19	NR	ND
Naciente Los Piris	NR	0,88	NR	ND
Captación Los Acuña (Río Cucaracha)	NR	8,00	NR	ND
Captación Grande del Gringo (Río Chiflón)	NR	NR	NR	ND
ASADA MACHO GAFF CAÑÓN DAMITA				
Naciente N°1	NR	NR	NR	NR
Naciente N°2	NR	NR	NR	NR
Naciente N°4	NR	NR	NR	NR
ASADA GUATUSO				
Captación N°1	NR	NR	NR	NR
Captación N°2	NR	NR	NR	NR

Nota: NR: Dato que no se registra. ND: Datos no disponibles en este proyecto

Es importante resaltar que las ASADAs Macho Gaff Cañón Damita y Guatuso, deben iniciar procesos en su área de mantenimiento implementar la cultura de la medición de los caudales que ofertan y captan en cada fuente. En cada documento que se le entregó cada ASADA se les dio un formato que ilustra cómo se realiza el aforo y como se registran los datos de cada aforo. En el Apéndice 4, se muestra una tabla para realizar los registros de los aforos y una explicación de para el cálculo de los caudales aforados.

5.1.6.3 Resultados de la evaluación de los tanques de almacenamiento

En el Cuadro 5.7, se observa que ninguna ASADA realiza aforos del caudal de ingreso a cada tanque de almacenamiento. Con respecto al material de construcción de los tanques de almacenamiento solo existen dos tanques pequeños de polietileno en la ASADA de Higuito, lo demás tanques son en concreto. Es importante anotar que esta estructura en cada acueducto se construyó sin realizar ningún

para establecer su capacidad, por lo tanto, son estructuras hidráulicas que no cumplen con la reserva de agua para atender demandas de regulación, de reparaciones de los componentes del acueducto localizados antes de los tanques y además no existe ninguna reserva de agua para atender emergencias como incendios. Otro aspecto a resaltar es lo referente al estado, dado que según su revisión y comentarios de los fontaneros de las ASADAs evaluadas, estas estructuras poseen más de 15 años de funcionamiento lo cual quiere decir que su vida útil se está cumpliendo.

Cuadro 5.7. Resumen de los de los datos relevantes de los tanques de almacenamiento de cada acueducto.

ACUEDUCTO	Aforo del caudal de ingreso al tanque	Material de construcción del tanque de almacenamiento	Volumen (m³)
ASADA SAN ISIDRO			
Tanque de Almacenamiento	NR	Concreto	149
Tanque de Reunión	NR	Concreto	N.D.
ASADA HIGUITO			
Palo Blanco 1	NR	Concreto	27
Palo Blanco 2	NR	Plástico	10
Santa Cecilia	NR	Concreto	4
Los Fuentes 1	NR	Concreto	9
Los Fuentes 2	NR	Plástico	5
Oficina	NR	Concreto	55
El Gringo	NR	Concreto	26
ASADA MACHO GAFF CAÑON DAMITA			
Tanque de Almacenamiento	NR	Concreto	ND
Tanque de Reunión	NR	Concreto	ND
ASADA GUATUSO			
N°1	NR	Concreto	13,50
N°2	NR	Concreto	6,75
N°3	NR	Concreto	50,00

Notas: NR no se realiza registros. ND dato no disponible por el proyecto.

5.1.6.4 Resultados de la evaluación de los sistemas de desinfección de los acueductos evaluados en el Cantón de El Guarco.

Mediante el Cuadro 5.8 se presenta algunas características de la desinfección del agua en los acueductos evaluados en este Cantón por el proyecto, se pudo observar que la cloración posee varias debilidades como lo cual hace que la desinfección del agua no es la más acertada.

Importante destacar que esta operación en un acueducto es fundamental, con el fin de garantizar que el abasto de agua a la comunidad sea debidamente desinfectada y que se garantice que el agua es apta para consumo humano de forma permanente. Además, una de las ASADAs evaluadas no realiza la práctica de cloración. En cada documento que se le entregó cada ASADA se les dio un formato que ilustra cómo se realiza el registro de la medición del cloro residual. En el Apéndice 5, se muestra una tabla para realizar los registros de los diferentes puntos donde se realiza la prueba del cloro residual.

Cuadro 5.8. Resumen del sistema de desinfección de acueductos.

ACUEDUCTO	Tecnología de desinfección	Consumo de reactivo	Concentración de la solución aplicada	Caudal aplicado de la solución
ASADA SAN ISIDRO				
Tanque de almacenamiento	Erosión Pastillas de hipoclorito de calcio al 70% de contenido de cloro	NR	NR	NR
ASADA HIGUITO				
Tanque El Gringo	Erosión Pastilla	5 pastillas cada 8 días - ácido tri-cloroisocianúrico (ACL® 90) para la cloración	NR	NR
Tanque Palo Blanco N°1	Erosión Pastilla	5 pastillas cada 8 días - ácido tri-cloroisocianúrico (ACL® 90) para la cloración	NR	NR
Tanque Santa Cecilia	Erosión Pastilla	una pastilla cada 8 días - ácido tri-cloroisocianúrico (ACL® 90) para la cloración	NR	NR
Los Fuentes (concreto)	Erosión Pastilla	1 pastilla cada 15 días - ácido tri-cloroisocianúrico (ACL® 90) para la cloración	NR	NR
ASADA MACHO GAFF CAÑÓN DAMITA				
Tanque de Almacenamiento	Erosión Pastilla	NR	NR	NR
ASADA GUATUSO				
No se aplica desinfección en ningún tanque de almacenamiento				

Nota: NR no se tiene registros

5.1.7 Mapa de riesgos

A partir de la información recopilada en campo y la aplicación de los formularios de la herramienta SERSA en cada uno de los componentes de los acueductos evaluados en el Cantón de El Guarco, en la Figura 5.18, Figura 5.19, Figura 5.20 y Figura 5.21 se localizan los componentes del acueducto y se identifican los riesgos de acuerdo al color correspondiente, además se ubican las zonas de protección o retiro que se deben dejar libres en las fuentes naturales como quebradas y ríos. Las áreas de protección se establecieron de acuerdo a lo establecido en La Ley de Aguas N°276 (1942), con 200 m de radio en captaciones de nacientes permanentes y la Ley Forestal (1996), en el caso de los márgenes de ríos y quebradas, una franja de 15 m medidos horizontalmente a cada lado de la rivera en zonas rurales y 10 m en zonas urbanas.

5.1.7.1 Mapa de riesgos del acueducto de San Isidro

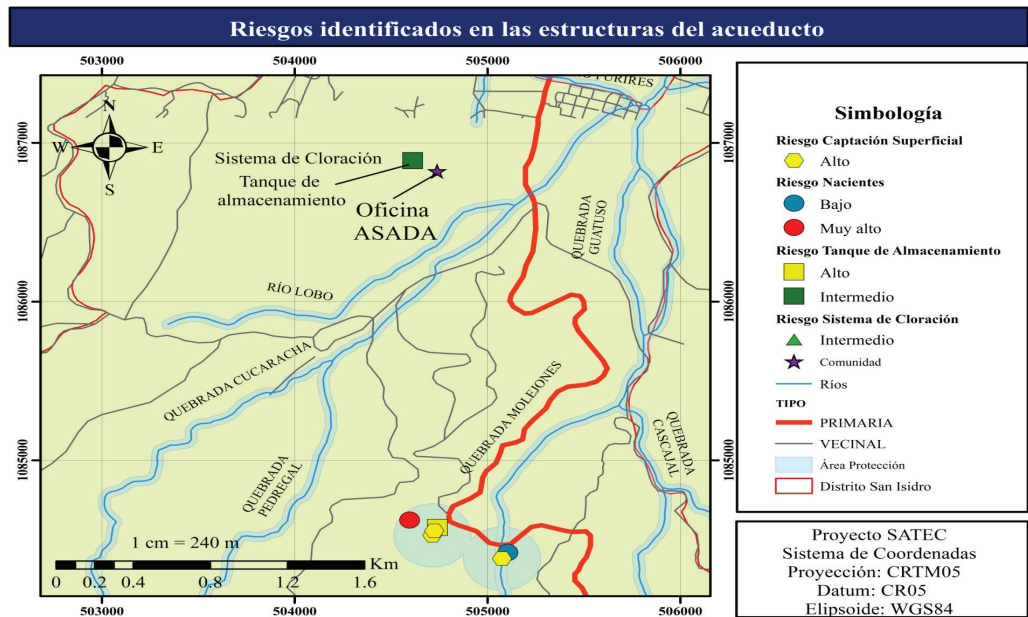


Figura 5.18. Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de San Isidro.
Elaborado a partir del Atlas Digital (Tecnológico de Costa Rica, 2014)

5.1.7.2 Mapa de riesgos del acueducto de Higuito

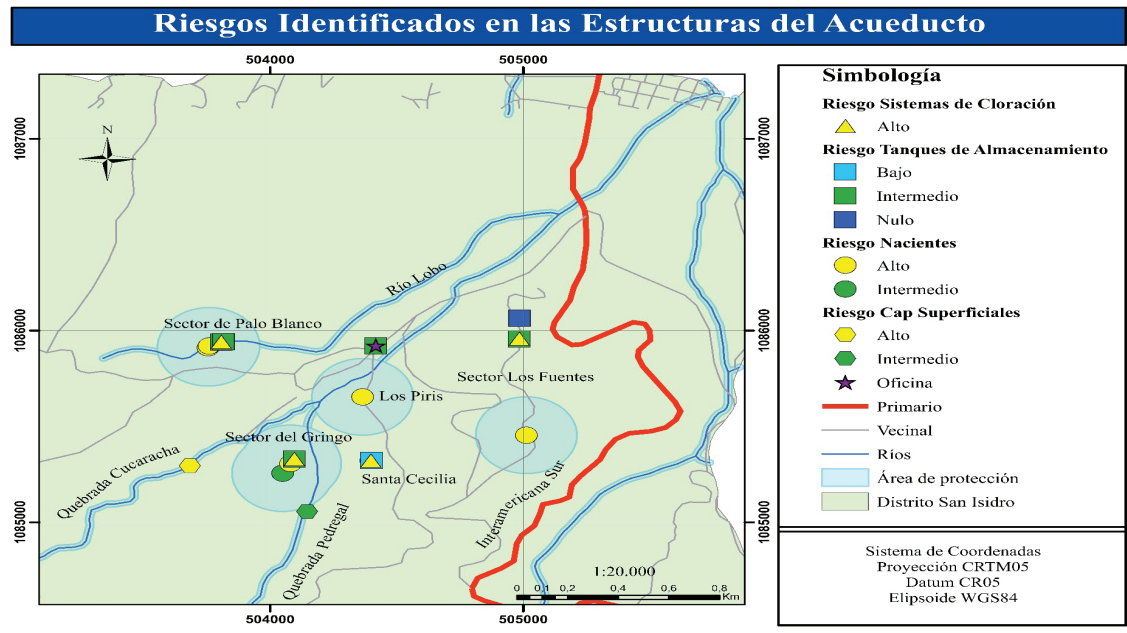


Figura 5.19. Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Higuito.
Elaborado a partir del Atlas Digital (Tecnológico de Costa Rica, 2014)

5.1.7.3 Mapa de riesgos del acueducto de Macho Gaff Cañón Damita

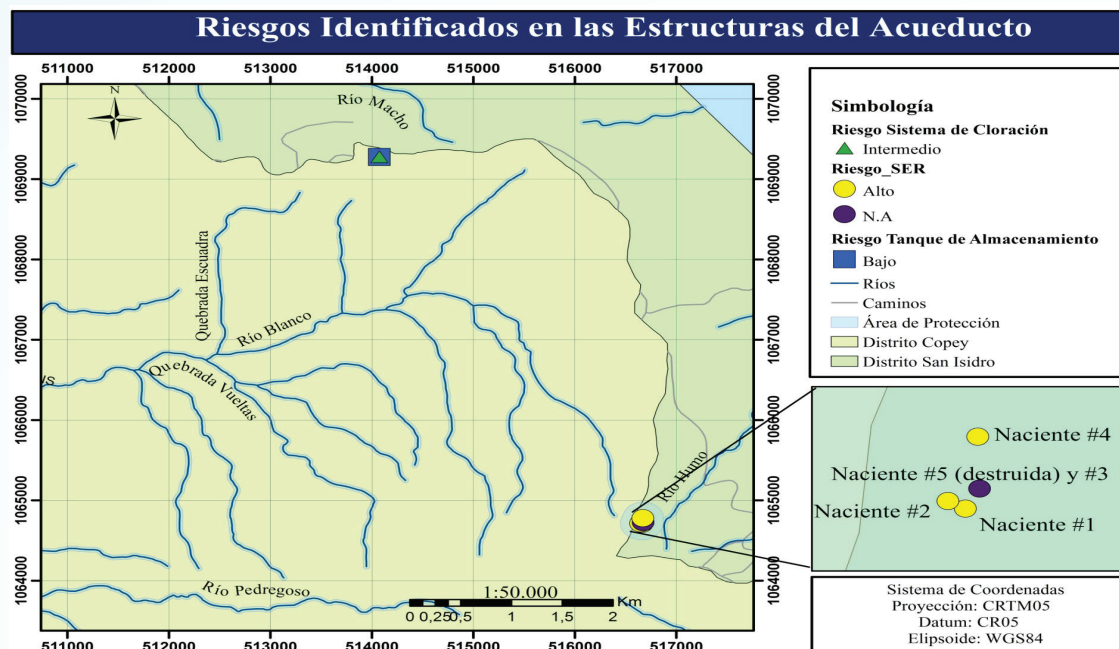


Figura 5.20. Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Macho Gaff Cañón Damita.
Elaborado a partir del Atlas Digital (Tecnológico de Costa Rica, 2014)

5.1.7.4 Mapa de riesgos del acueducto de Guatuso

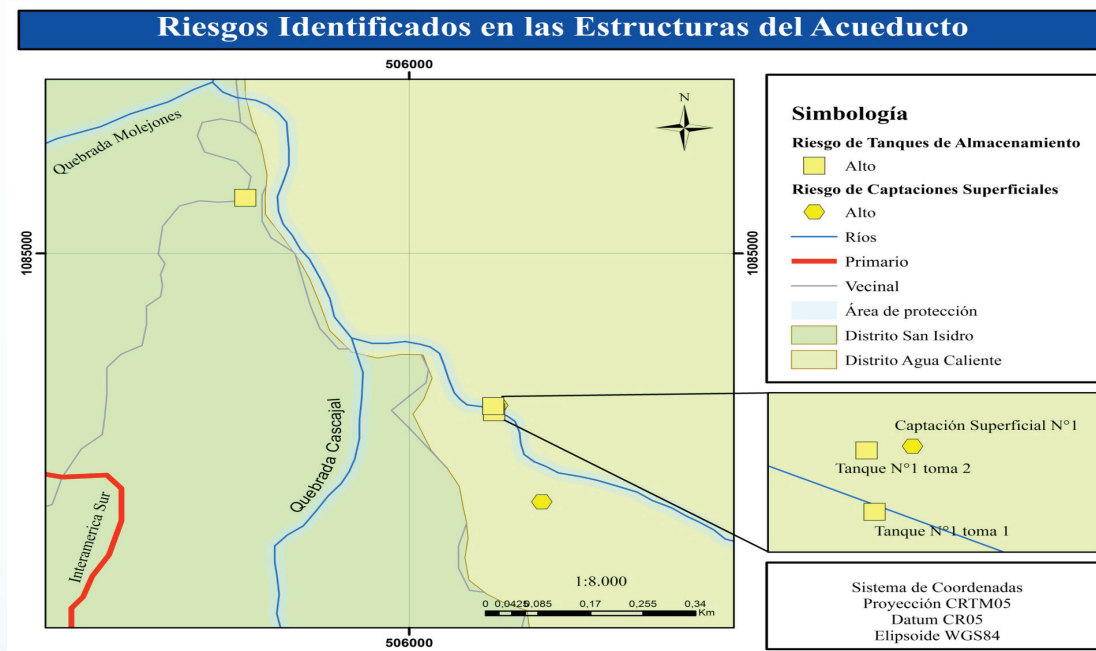


Figura 5.21. Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Guatuso.
Elaborado a partir del Atlas Digital (Tecnológico de Costa Rica, 2014)

5.2 Aguas residuales en el cantón de El Guarco.

En este apartado del informe se describe la situación existente en el tema de aguas residuales en la Región del Guarco de Cartago.

De acuerdo con la Ley General de Salud de Costa Rica, LEY N° 5395, en el Artículo 275 que dice literalmente: "Queda prohibido a toda persona natural o jurídica contaminar las aguas superficiales, subterráneas y marítimas territoriales, directa o indirectamente, mediante drenajes o la descarga o almacenamiento, voluntario o negligente, de residuos o desechos líquidos, sólidos o gaseosos, radioactivos o no radioactivos, aguas negras o sustancias de cualquier naturaleza que, alterando las características físicas, químicas y biológicas del agua la hagan peligrosa para la salud de las personas, de la fauna terrestre y acuática o inservible para usos domésticos, agrícolas, industriales o de recreación." (Asamblea Legislativa República de Costa Rica, 1973).

Por lo que después de realizar un análisis general del cantón al respecto del manejo de aguas residuales, se evidencia que no se está cumpliendo con lo estipulado en esta ley bajo ninguna perspectiva. Es así como el vertido de aguas residuales grises y en algunas ocasiones, negras sin ningún tipo de tratamiento, se lleva a cabo por los hogares, comercios, microempresas etc.

A continuación, se presentan los principales resultados del estudio desarrollado.

Se definen dos tipos de aguas residuales en los siguientes párrafos. El primer tipo, es el agua residual negra, que proviene de los sanitarios/inodoros de los hogares/ comercios/instituciones y otras actividades y el segundo tipo de agua residual, es el agua gris. Esta agua, es la que se desecha después de ser usada en lavado de ropa, platos, alimentos, duchas, lavamanos.

En el desarrollo del proyecto y como una de las actividades del mismo, se realizó una encuesta a los hogares, los cuales son abastecidos de agua potable por medio de ASADAs en la provincia de Cartago. La encuesta constaba de cuatro partes dirigidas a cuatro grandes temas en saneamiento ambiental.

Los temas consultados fueron: agua potable (servicio, calidad, cantidad), agua residual (tipos, tratamiento, uso de dispositivos de ahorro de agua), residuos sólidos (reciclaje, manejo integral, servicio de recolección) y la educación ambiental con compromiso comunal.

Esta encuesta produce los siguientes resultados en el tema de aguas residuales específicamente:

Se determinó que el 100 % de las aguas grises son canalizadas y descargadas directamente a las fuentes superficiales sin ningún tipo de tratamiento previo, el 88% de las viviendas utilizan tanque séptico para tratar sus aguas negras que provienen de los sanitarios/inodoros. El resto de aguas negras está siendo tratada en letrinas, alcantarillado y otras son descargadas directamente sin tratamiento a fuentes de agua superficiales como ríos y quebradas.

En este último caso se encontraron viviendas descargando sus aguas negras a los ríos, estas viviendas están ubicadas en los bordes de los mismos, donde no existe área para la construcción de un tanque séptico.

Adicionalmente a la encuesta, se realizaron giras de campo a las diferentes comunidades que son servidas con agua potable por ASADAs para corroborar los resultados de la encuesta.

En este informe no se encuentran descritas todas las ASADAs existentes en el Cantón de El Guarco, dado que se seleccionó una muestra representativa estadísticamente. Se puede afirmar que los resultados se pueden extrapolar a todas las poblaciones servidas por ASADAs.

Se encontró que, en todo el Cantón, las aguas grises son recolectadas por los sistemas destinados a la recolección de las aguas pluviales, las cuales a su vez van a ser vertidas en cuerpos de agua naturales. Esta situación descrita antes, hace que estos cuerpos de agua se contaminen cada vez más por

el aumento de la población, que incrementa la cantidad de aguas grises creando impacto ambiental importante en las fuentes naturales de agua.

A medida que se baja en altura sobre el nivel del mar en la Provincia y se densifica la población, la contaminación aumenta considerablemente, como es de esperar. Dicha situación se comprobó una vez más, con la realización de análisis físico químicos y microbiológicos de laboratorio para determinar el grado de deterioro de las fuentes naturales de agua que atraviesan las diferentes comunidades.

A continuación, se describe el detalle de cada comunidad seleccionada de la muestra estadística de ASADAs.

5.2.1 Caso: comunidad de Higuito

El sistema fluvial del cantón de El Guarco, corresponde a las vertientes del Caribe y del Pacífico.

A la primera, que corresponde a la subvertiente Caribe, pertenece la cuenca del río Reventazón Parismina, la cual es drenada por el río Macho con sus afluentes el río Damita y las quebradas Guayabillos, Bejuco y Perica; lo mismo que por el río Estrella y sus tributarios el río Empalme y las quebradas Palmital, Chiflón, Cangreja y Yugo; así como por el río Purires al que se le unen los ríos Lobo y Coris; los ríos Purires y Reventado dan origen al río Aguacaliente; otro río que irriga el área es el Humo y las quebradas Ojo de Agua y Palanca. Estos cursos de agua, excepto el río Humo, nacen en la región, los cuales presentan un rumbo de suroeste a noreste y de noroeste a sureste. Los ríos Aguacaliente y Purires son límites con el cantón de Cartago.

A la vertiente del Pacífico, pertenece la cuenca del río Pirrís, la cual es drenada por el río San Cristóbal Norte y las quebradas Patio de Agua, Común y Caragral. Estos cursos de agua nacen en El Guarco; los cuales presentan un rumbo de noreste a suroeste. El río San Cristóbal Norte y la quebrada Patio de Agua son límites cantonales; el primero con Desamparados de la provincia de San José; y el otro con Cartago. Ríos: Reventado, Reventazón, Palomo, Grande de Orosi, Macho, Tiribí, Chirripó, Tuis y Pejibaye, entre otros (Guías Costa Rica, 2015).

La Comunidad de Higuito es atravesada por varias fuentes superficiales que se visitaron: Quebrada Cucaracha, Quebrada Pedregal y Río Lobo. Esas fuentes están siendo contaminadas por aguas residuales grises que se generan en hogares, comercio y actividades agrícolas como lavado de hortalizas o productos varios. También se detectaron algunas descargas de aguas negras a estas fuentes, contaminándolas aún más y aumentando el riesgo la contaminación de las aguas superficiales y riesgos a la salud de las personas que habitan en la comunidad.

Las condiciones de saneamiento ambiental no son óptimas específicamente en el tema de aguas residuales. Esto se puede comprobar fácilmente visitando la comunidad de Higuito.

A continuación, se presentan algunas evidencias de los problemas de saneamiento ambiental tanto en residuos sólidos como en aguas residuales.



Figura 5.22. Recolectores de agua pluvial con vertimiento de aguas grises y acumulación de residuos sólidos.

Se realizaron igualmente análisis físicos químicos de las aguas superficiales, detectando que el agua está más contaminada a medida que baja la altura sobre el nivel del mar de la zona, es así como se encuentra más contaminación en el río Lobo al llegar a la planicie de la carretera interamericana Sur.



Figura 5.23. Aguas grises y jabonosas descargadas en fuente natural Río Cucaracha.

Por otra parte, en las inspecciones visuales que se realizaron a la zona, se detecta que la cobertura de las riberas de los ríos o franjas de protección en el área de Higuito no se cumplen, por lo que la evaporación del agua es más aguda y podría ser un agravante en el tema del cambio climático dado que disminuye el caudal de las fuentes especialmente en la época seca. Por otro lado, también se

aumenta el riesgo de posibles inundaciones agravando la situación el hecho de que no se cumple con los retiros de ley en las construcciones que se encuentran a lo largo de los cauces. Es importante por lo tanto corregir dicha situación, el MINAE es el ente rector en este tema y se apoya en voluntarios que trabajan ad honorem.

“Las inundaciones pueden ser eventos en cierta medida controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los cauces de los ríos” (de acuerdo con el criterio utilizado por la CNE). A partir de este mismo criterio de seguridad (sin olvidar el componente ambiental de la protección del recurso hídrico), se crea, en 1996, en la Ley Forestal (Ley No. 7575) las áreas de protección, así, en su artículo 33 se establece: “Se declaran áreas de protección las siguientes: “...b) Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado” (Valdés T, 2010).



Figura 5.24. Ninguna protección de la ribera del río y alta contaminación del cauce.

5.2.2 Caso: comunidad de San Isidro del Tejar

En el área de San Isidro al igual que en el caso de Higuito, también se encontró que las aguas grises son recolectadas por los sistemas destinados a la recolección de las aguas pluviales, las cuales a su vez van a ser vertidas en cuerpos de agua naturales.

Dichas fuentes se contaminan naturales se contaminan diariamente con aguas grises, negras y residuos sólidos que se encuentran en los cauces.

A continuación, se muestran algunas fotografías que ejemplifican la situación.



Figura 5.25. Descarga de agua residual en sistema de recolección de agua de lluvia.



Figura 5.26. Descarga de agua residual en sistema de recolección de agua de lluvia.



Figura 5.27. Ribera de río sin cobertura boscosa mínima de ley.

A lo largo de la comunidad, se encuentra la presencia de residuos sólidos y aguas residuales grises, esto es un reflejo de la falta de educación ambiental y compromiso de los ciudadanos con la salud ambiental y saneamiento.

5.2.3 Caso: comunidad de Guatuso.

En el área de Guatuso, también se encuentra una situación muy similar a las anteriores en términos de que las aguas grises son lanzadas en un 100% a cuerpos de agua naturales sin ningún tratamiento.



Figura 5.28. Mezcla de agua residual con aguas pluviales y natural en la misma canalización.

Se detectó en esta zona que las fuentes de agua naturales son utilizadas directamente en cultivos de hortalizas y otros, por lo que además se corre con un riesgo de contaminación microbiológica importante.



Figura 5.29. Uso de agua para irrigación de campos agrícolas, comunidad de Guatuso.

Se encuentran residuos sólidos que se mezclan con aguas grises en muchas partes de los cauces. Por otra parte, también se encuentra que existen industrias o agroindustrias que vierten sus aguas residuales a canales pluviales, puede que tengan tratamiento de aguas residuales, pero de acuerdo con las evidencias encontradas, estos vertimientos están creando un impacto ambiental importante

Se repite también el hecho de que no existe una cobertura boscosa de ley en ninguna de las fuentes o cauces naturales de la zona, por lo que el riesgo de inundación en época de lluvia es algo y el riesgo de sequía en la época seca es evidente.

5.2.4 Caso: Comunidad Macho Gaff.

La situación de la comunidad Macho Gaff la situación es totalmente similar a las descritas anteriormente, la única salvedad que se hace en este caso, es que no hay una población tan densa y el impacto ambiental es menor en las fuentes naturales de agua.

5.2.5 Caso: Comunidad Agua Caliente.

En este caso se encuentra la misma situación descrita antes, la diferencia está en que hay una población más densa y por lo tanto los problemas se agravan, en los cauces de los ríos se detecta gran contaminación del agua tanto con aguas grises y negras como contaminación con residuos sólidos.

Se ejemplifica con fotografías lo descrito.



Figura 5.30. Río contaminado con aguas residuales y residuos sólidos.



Figura 5.31. Ninguna cobertura boscosa alrededor del río.

En la fotografía anterior se muestra claramente como el río se ha desbordado en varias ocasiones y ha ido deteriorando las cimientos del puente, todo esto es consecuencia de la poca cobertura boscosa con que este río cuenta.

5.3 Resultados Sección de Residuos Sólidos

La municipalidad de El Guarco, ubicada en la provincia de Cartago, cuenta con un sistema de recolección de residuos sólidos que abarca los distritos Tejar, San Isidro, Higuito, Tobosi y el Centro de San Isidro, en las zonas rurales se utilizan servicios privados de recolección, y también es común observar a los vecinos quemando la basura y en las escuelas rurales se cuenta con un hueco para depositar la basura.

La municipalidad cuenta con un plan de gestión integral de residuos aprobado en el año 2013. Las rutas de recolección se muestran en el siguiente cuadro:

DÍA	SECTORES RECORRIDOS	KILOMETRAJE POR RUTA	KILOMETRAJE POR DÍA
LUNES	1 -Barrio Corazón de Jesus, Calle División, Urb. El Guarco, Villa Foresta, Urb, La Rosita, Calle Los Cooper, Dique, Américas, Cuatro vientos, Plaza, Dique, Municipalidad, Los Sauces, Calle Asunción,	10 km	
	2- Calle La Rita, Calle La Pitahya, Urb. Villa Andrea, Maria del	5 km	15 km
	Rosario, Los Sauces, Hacienda Vieja		
MARTES	1- Sto Cristo, Recta hacia Antigua, Cond. Antigua, Res. Fundación, Interamericana hacia el Quijongo,	13 km	
	Bomba, Recta hacia Reno City		
	2- Barrio Nuevo sur, Urb. Los Llanos, Reno city hacia el Puente (Lado derecho), Calle Norte, El Silo, Los Tejares, Ana Lucia	11 km	24 km
MIÉRCOLES	1- Guatuso, San Isidro, Centro Tejar, Recta 228 hasta El Cerdito Tejareño	14 km	
	2- Colegio, Norte Escuela, La Victoria, Recta 228 Hacia el sur, La	10 km	24 km
	Marimba, Centro iglesia, Municipalidad, Los Zorzales, Guayabal		
JUEVES	1- Puente Dique, Barrio San Francisco, Calle Los Guilos, Santa Gertrudis, Sabana Grande, ruta 228 hacia Tablón,	30 km	
	Tablón, Barrancas		
	2- Las Catalinas, Interamericana hacia el Norte	6 km	36 km
VIERNES	1- Tobosi	9 km	
	2- Higuito, Urb. El Cacique	11 km	20 km
VIERNES (camión pequeño)	Tablón, Tobosi, Barrancas Higuito, Dique		
RECORRIDO TOTAL		119 km	

Fuente: (Municipalidad de El Guarco, 2016)

Se atienden 9691 casas de un total de 11823 viviendas del cantón (Plan Municipal de Gestión Integral de los Residuos Sólidos de El Guarco, 2015-2020, Comisión el Guarco-Cantón Limpio), lo que representa un porcentaje de recolección del 82 %

Los servicios comunales que ofrece la Municipalidad de Oreamuno incluyen la recolección de residuos sólidos, contratos para el tratamiento en el relleno sanitario los Pinos ubicado en Cónccavas, aseo de vías y zonas públicas

El aseo en las zonas públicas se puede observar en el siguiente dibujo, en total se atienden 13770.76 metros.



Figura 5.32. Mapa de Aseo de Vías y Sitios Públicos El Guarco
Fuente : (Municipalidad de El Guarco, 2016)

El ingreso por concepto de pago de servicios relacionados la recolección y tratamiento de residuos sólidos alcanza la suma de 300 000 000 colones. Por su parte, el ingreso por concepto de aseo de vías públicas el monto recolectado alcanza 41 000 000 colones (Plan gestión).

El sitio de tratamiento final es el relleno sanitario los Pinos ubicado en Concavas, que recibe 675 toneladas mensuales proveniente del cantón.

En relación con la tarifa por concepto de recolección y tratamiento, la misma alcanza la suma de 1885 colones/mes, por habitación, y fue aprobada en el año 2015 (gaceta 208 del 29 de octubre del 2014)

El costo por tonelada tratada en el relleno sanitario los Pinos alcanza los 8500 colones / tonelada métrica.

En la municipalidad de El Guarco solo se cuenta con la recolección de residuos ordinarios, no existen procedimiento para la gestión de residuos peligrosos y especiales.

El proceso de recolección es manual, las personas sacan en bolsas los materiales a desechar y los trabajadores juntan las bolsas y las lanzan en los camiones recolectores. No existe ningún control

de los materiales que contiene cada bolsa, por lo que es imposible eliminar la presencia de desechos peligrosos. Generalmente se realizan dos recolecciones por semana.

Las rutas responden a criterios empíricos y por conveniencia de los conductores y equipo recolector.

Recuperación de residuos sólidos valorizables

La municipalidad del Guarco promueve campañas de recuperación de residuos sólidos, que se realizan en forma quincenal.

Dichas campañas iniciaron en el año 2012 y se han mantenido constantes hasta la fecha. Para ejecutar el proyecto se contó ayuda del instituto mixto de ayuda social (IMAS).

Las personas encargadas de la venta de los materiales involucradas en este proceso provienen de las comunidades de: San Isidro, Tobosi, Tablón, Barrancas, Tejar centro, Patio de agua, Caragral, La Estrella, Palo Verde, Palmital Norte, La Esperanza. No se tiene información de las cantidades recolectadas.

5.4 Principales resultados de la encuesta sobre saneamiento ambiental

Como se ha mencionado en la sección de metodología utilizada en aguas residuales y residuos sólidos, en el proyecto se aplicó una encuesta a una muestra de estudio en esos temas incluyendo el servicio de agua intradomiciliar y su calidad. En esta sección se muestran los principales resultados obtenidos.

La mayoría de la población atendida por ASADAs se clasifica como rural, sin embargo, se observan casos donde la zona en la que está ubicada la ASADA (por ejemplo: Higuito, San Isidro, Cot, Orosi) que poseen características urbanas tales como: alta densificación de viviendas y empleos del sector terciario. En estos casos se presentan mezclas de actividades rurales y urbanas, pero también diferentes tipos de usos del suelo y actividades productivas por lo que no se podría hablar estrictamente de zona rural.

5.4.1 Tema: Información general

Se identifica que la mayoría de la población solo ha cursado el nivel primario de estudios (57%), la distribución total de escolaridad se muestra en el Cuadro 5.9.

Cuadro 5.9. Nivel de escolaridad determinado entre las personas encuestadas.

Nivel	%
Primaria Incompleta	15,64
Primaria Completa	41,53
Secundaria Incompleta	16,78
Secundaria Completa	11,73
Universidad Incompleta	3,42
Universidad Completa	9,77

Cuadro 5.10. Habitantes por vivienda encuestada.

Personas por casa de habitación	%
1	6,7
2	13,8
3	20,1
4	25,2
5	19,5
6	8,8
de 7 a 14	5,9

En el Cuadro 5.10 se desprende que la mayoría de los hogares están compuestos por 3 y 4 personas, dato que coincide con los datos brindados por el INEC 2011.

5.4.2 Tema: Residuos Sólidos

El 89 % de los consultados indican que poseen recolección municipal de residuos sólidos, un 55 % indican que en sus casas ellos saben cómo separar los materiales, para ser enviados a centros de acopio de residuos valorizables, también un 4 % indican que reutilizan dichos materiales, y un 49 % evitan comprar materiales desechables. En el Cuadro 5.11 se observa los diferentes sitios de acopio para la gestión de residuos sólidos.

Cuadro 5.11. Sitios de acopio de materiales valorizables en la provincia de Cartago.

Lugares donde se acopian residuos sólidos valorizables	Porcentaje %
Campañas reciclaje	11
Centro de acopio de la Municipalidad	17
Centro de acopio de las ASADAs	1
Recolector Privado	15
Centros de acopio en Escuelas	6
Centro de acopio de la Asociación comunal	3
No participa en programas de reciclaje	45

5.4.3 Tema: Aguas residuales

La mayoría de la población utiliza tanque séptico para el tratamiento de aguas provenientes de los inodoros, como se observa en el Cuadro 5.12. Por otra parte, un 76 % de las viviendas cuentan con un único servicio sanitario y el 86 % utilizan inodoros de tamaño convencional (13 a 23 litros por descarga).

Cuadro 5.12. Sistemas de tratamiento de aguas negras.

Sistema de tratamiento	% de viviendas que utilizan
Tanque séptico	88,60
Letrina	0,65
Alcantarillado	6,68
Caño	0,49
NS/NR	2,77

Otro dato importante es que 100% de las aguas grises generadas en los hogares no tienen ningún tratamiento y son descargas de esa forma a ríos y quebradas.

La carga de contaminación a dichos cuerpos de agua es cada vez mayor debido al aumento de la población y a la inexistencia de infraestructura para tratar las aguas grises. Esta situación se repite no solo en toda la Provincia de Cartago sino en todo Costa Rica.

5.4.4 Tema: Agua Potable

El 94,3% del total de hogares consultados dieron respuesta sobre la tarifa que cobran las ASADAs por el servicio del acueducto, en Cuadro 5.13, se observa que el 68,9% de los hogares pagan una tarifa comprendida entre 1 500 colones y 5 000 colones y el 24,0% pagan una tarifa entre 5001 y 12 000 colones y el restante 7,1% pagan tarifas mayores.

Cuadro 5.13. Escala de las tarifas que pagan los usuarios por el servicio del acueducto ASADAs Provincia de Cartago.

Intervalo de la tarifa/mes en colones	% de hogares
1 500 a 5 000	68,90
5 001 a 8 000	24,00
8 001 a 12 000	4,30
Mayor a 12 001	2,80

Con respecto de la pregunta ¿Usted trata el agua que consume? La respuesta obtenida fue que el 90% de los hogares encuestados no tratan el agua que las ASADAs le suministran y el 10% contestaron que realizan algún tratamiento como la instalación de un filtro a la tubería que ingresa a la vivienda. Esto es una evidencia de la confianza de las personas sobre la calidad del agua que se les suministra por medio de su ASADA.

En la pregunta sobre el grado de satisfacción que posee la población acerca de la calidad del agua que suministran, según Cuadro 5.14, se puede concluir que el 90,40% de la población está muy satisfechos y satisfechos, con la calidad del agua que reciben de las ASADAs.

La buena gestión de las ASADAs se ve reflejada en este indicador.

Cuadro 5.14. Grado de satisfacción de la comunidad a la calidad del agua que suministran las ASADAs.

Grado de satisfacción	% de hogares
Muy satisfecho	48,60
Satisfecho	41,80
Medianamente satisfecho	7,34
Insatisfecho	2,30

En que lo respecta del uso de dispositivos hidráulicos de bajo consumo de agua, instalados en los hogares, la respuesta fue que el 32,0% poseen estos dispositivos instalados principalmente en las llaves del fregadero, duchas, lavatorios y sanitarios de bajo consumo. El restante 68,0% no poseen ningún dispositivo de bajo consumo de agua instalados en sus hogares. Ese porcentaje de personas que han instalado los dispositivos evidencia una conciencia ambiental importante dado que el costo de los mismos no es bajo.

5.4.5 Tema: Compromiso social en actividades de índole ambiental

Solamente el 20 % de los consultados participan en actividades de desarrollo comunal, juntas directivas de las ASADAs, o se involucran en la política o actividades de reciclaje. Aunque el 50 % de los entrevistados conocen la labor de la ASADA.

También se detectó que el principal problema ambiental que perciben las personas son los residuos sólidos, pero llama la atención que el 34% de los entrevistados no saben ni responden a esta pregunta.

Al preguntárseles si voluntariamente realizaban labores para ahorrar agua potable, el 94% afirma que sí ahorra el agua ya sea cerrando el tubo mientras se lavan los dientes, reutilizar el agua de la lavadora, lavar el auto con cubeta, utilizar agua de lluvia. Un 32 % de la muestra utiliza dispositivos de ahorro de agua, a pesar del alto costo de los mismos.

En la Figura 5.33, se presenta un análisis de causa – efecto de la sostenibilidad del suministro de agua potable en la Provincia de Cartago a través de ASADAs.

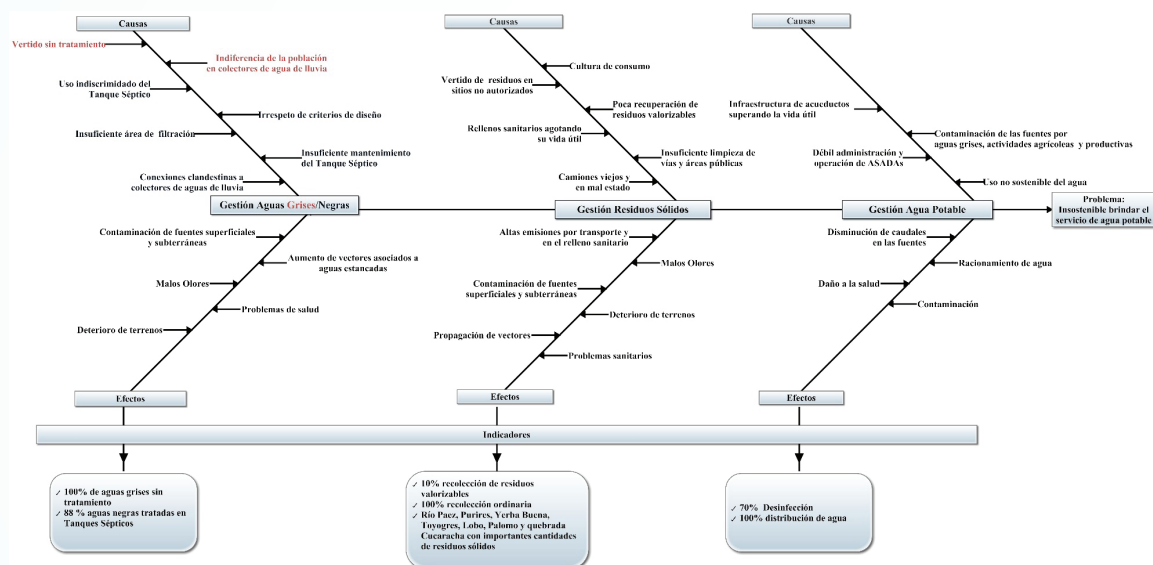


Figura 5.33. Análisis causa - efecto del sistema de agua potable de las ASADAs de la Provincia de Cartago.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Agua Potable

Mediante la aplicación del instrumento SERSA se pudo establecer el riesgo en cada uno de los componentes del acueducto de estas cuatro ASADAs:

Captaciones:

- Para las 20 captaciones (tipo naciente y superficial) el 15% están en riesgo muy alto, el 65% se ubican en un riesgo alto y el restante 20% poseen un riesgo intermedio y bajo. Con base en este panorama se puede establecer que estos componentes poseen un alto riesgo que el agua captada se contamine desde inicio del acueducto, lo cual nos conlleva a que el sistema de abasto sea muy vulnerable y no garantice agua que cumpla con los requerimientos de la normatividad vigente de la calidad de agua para abasto humano - Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015 y sea necesario disponer de sistemas de potabilización.
- De las 20 fuentes de agua utilizados como abasto para estas cuatro ASADAs el 60% son fuentes tipo nacientes y el 40% son fuentes superficiales, es importante anotar que hay acueductos que realizan mezcla de estas fuentes generando en épocas de lluvias aguas con altos contenidos de sólidos, que son llevadas a los tanques donde se cloran y se distribuyen a sus usuarios.
- Con respecto a la medición de la oferta del agua por cada una de las fuentes disponibles en cada acueducto solo dos ASADAs, poseen la cultura de realizar aforos cada mes en sus fuentes, realizando la medición del caudal captado solamente y no se realiza el aforo del caudal que les ofrece la cada fuente.

Tanques de almacenamiento:

- De los 13 tanques que se encuentran en funcionamiento el 31% poseen un riesgo alto, el 38% poseen un riesgo intermedio y el restante 31% poseen un riesgo ente bajo y nulo. Según comentarios de los fontaneros de las ASADAs evaluadas, estas estructuras hidráulicas poseen más de 15 años de funcionamiento lo cual quiere decir que su vida útil se está cumpliendo.
- La práctica se realizar aforos del caudal de ingreso a cada tanque de almacenamiento no se realiza y de igual manera se posee medición del agua que sale de los tanques a la comunidad.
- Para establecer el volumen de cada tanque no se tiene ninguna referencia que se haya realizado algún cálculo para establecer el volumen requerido según caudal que le llega a cada tanque y la población a atender, es decir, estas estructuras hidráulicas no garantizan reservas para los consumos variables, para realizar reparaciones y menos para atender la demanda en caso de incendios.

Desinfeccion:

- De los cuatro acueductos evaluados tres poseen sistema de desinfección mediante la tecnología de “desinfección con pastillas”. De los 6 sistemas de cloración el 83% posee un riesgo alto y el 17% posee un riesgo intermedio.
- Todos los sistemas no tienen cámaras de contacto de cloro, se dosifica a tasa constante en los tanques de almacenamiento, por lo cual los tiempos de residencia del cloro se desconocen, la mezcla no es homogénea en toda el área del tanque, no se dispone de información del caudal que ingresa a los tanques y se desconoce de la demanda de agua durante el día. En la may-

oría de los casos se desconoce la concentración de la solución de cloro aplicada, con respecto a la dosificación de la solución de cloro en muchos casos no se reporta este valor.

- Cabe resaltar que en algunos sistemas de desinfección la dosificación tiene deficiencias técnicas, ya que el goteo no se verifica con medición de volumen y tiempo.
- No se dispone de información sobre la curva de demanda de cloro del agua que llega al tanque en cada uno de los acueductos evaluados.
- Existen sistemas de cloración que son construidos por el personal operativo de las ASADAs, lo cual hace que la operación de la desinfección posea mayores deficiencias en la preparación y aplicación de la solución de cloro.
- Los equipos de cloración no están debidamente calibrados y la gran mayoría son equipos que ya cumplieron su vida útil y además su medición es subjetiva debido a su observación por comparación de colores.

En resumen, se puede concluir que los sistemas de abasto de agua potable, en estos cuatro acueductos poseen altos riesgos en cada uno de los componentes evaluados, lo cual no garantiza que el acueducto cumpla con los parámetros de eficiencia como cobertura, cantidad, calidad y continuidad en el servicio de agua potable.

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de las ASADAs de: **San Isidro, Higuito, Macho Gaff Cañón Damita y Guatuso** pertenecientes al Cantón del Guarco, con respecto del estado de cada uno de los componentes de cada acueducto y teniendo en cuenta la nueva normatividad de calidad del agua - Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015, se recomienda que el Ministerio de Salud a través de la Dirección de Área Rectora de Salud, promueva que se analice cada una de las ASADAs que están dentro de la jurisdicción de El Guarco y que no fueron contempladas en este estudio.

Dichas evaluaciones son fundamentales para la toma de decisiones en el nivel Regional de Salud dada la importancia que tiene la cantidad, calidad y continuidad en un servicio de agua potable para la salud de la población, con el fin de garantizar en un corto plazo que los servicios de abasto de agua potable sean sostenibles.

6.2 Aguas Residuales

1. De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, en el Cantón del Guarco se encuentran áreas con alta contaminación tanto en fuentes de agua (ríos y quebradas) como a suelos, convirtiéndose en un riesgo para la sostenibilidad del Recurso Hídrico.
2. Según la OMS los países latinos están rezagados en el saneamiento ambiental y Costa Rica no está fuera de esta observación, una de las recomendaciones hechas en este documento citado es "Para optimizar la provisión de servicios es fundamental contar con políticas racionales e instituciones eficaces. Para progresar adecuadamente, también es importante establecer claramente las funciones y responsabilidades de las distintas instituciones del sector del saneamiento y el agua potable. Aunque muchos países están reforzando sus planes para alcanzar la meta de los ODM relativa al saneamiento y el agua potable, su ejecución debe avanzar mucho más rápido para que haya alguna posibilidad de alcanzar la meta en todas las regiones y a nivel mundial" (WHO, 2011).
3. El país a pesar de ser un país lluvioso, no tiene una buena administración o gestión del recurso hídrico y esto se revela en muchos documentos que hablan al respecto. (Programa Estado de la Nación, 2014 & Valverde, 2013).

4. Los ríos que atraviesan los diferentes poblados están siendo contaminado diariamente con gran cantidad de residuos sólidos y aguas residuales por lo que deberán tomarse acciones para ir paulatinamente implementándolas debido a la complejidad y costo que representan. Las acciones se deben coordinar con Ministerio de Salud, Municipalidad, Asociación de Desarrollo, Cooperativas, MINAE, Empresas privadas, Ministerio de Educación y ASADA de cada comunidad además de otros actores organizados en la zona.
5. La protección de las riveras de los ríos y quebradas debe implementarse a lo largo de todo el caudal con el fin de evitar la evaporación, esto ayuda también a disminuir la contaminación e inundaciones en áreas de la comunidad que viven alrededor de dichas fuentes de agua.
6. En ninguna de las comunidades estudiadas existe un alcantarillado sanitario que recolecte las aguas residuales para ser tratadas posteriormente en una planta de tratamiento. El hecho de que se traten adecuadamente las aguas residuales, crea un ambiente más saludable para la población y los ecosistemas. Se recomienda la implementación de plantas de tratamiento como son las zonas de Higuíto, San Isidro, Guatuso, Agua Caliente y otras.
7. En lugares donde la comunidad es poco densificada en población como el caso de Macho Gaff, el tratamiento de las aguas grises puede hacerse con soluciones individuales. Existen tecnologías de bajo costo que se pueden implementar y son funcionales. En esas poblaciones hay mayor espacio de terreno para la instalación de sistemas de tratamiento, dichas soluciones podrían ser financiadas por los propios hogares, por ejemplo.
8. La existencia del cambio climático amenaza con la escases del recurso hídrico (IMN-PNUD, 2012) es por ello que es importante proteger las fuentes naturales superficiales (ríos y quebradas) dado que son posibles fuentes de agua potable en un futuro cercano. Las condiciones de sequía son cada vez más frecuentes y las fuentes podrían disminuir a esto se le suma, una población mal acostumbrada a contar con agua suficiente hasta para el desperdicio de la misma.
9. Uno de los aspectos que más influye en el buen manejo del saneamiento ambiental y la sostenibilidad del recurso hídrico es la educación ambiental. Después del análisis realizado, se comprueba que la población carece de la misma, por lo que sería muy importante para tener un impacto relevante, implementar campañas de educación ambiental orientadas a sensibilizar a las personas en el adecuado manejo de aguas grises y negras, en el tema de uso racional del recurso hídrico, en cambio climático y el riesgo asociado y finalmente en el tema de residuos sólidos. Existen programas de educación ambiental para niños, pero los temas anteriores deben ser impartidos para adultos. En esta labor se pueden utilizar muchas opciones que están disponibles inclusive sin costo para la comunidad.
10. Por último, pero no menos importante es necesario instar a las instituciones del Estado como Ministerio de Salud quien podría ser el líder, MINAE, Municipalidad, INA, Ministerio de Educación, MAG, SENARA, AyA a unirse a las organizaciones comunales y la ASADA, para llevar a cabo acciones en mejora del saneamiento ambiental y la sostenibilidad del recurso hídrico.

6.3 Residuos Sólidos

1. La municipalidad del Guarco ha invertido mucho en el tema de residuos sólidos en los últimos años, es recomendable ampliar su programa de recuperación de materiales reciclables de forma que abarque más población y comunidades.
2. No se encontraron problemas importantes de residuos sólidos en la zona del El Guarco, sin embargo, es conveniente invertir en programas de educación ambiental para evitar la degradación del recurso.

6.4 Recomendaciones Generales

En el plan Nacional de Desarrollo Alberto Cañas Escalante 2015-2018 se indica claramente que dentro de las amenazas al ambiente está la contaminación de aguas por descargas de aguas residuales y el vertido de residuos sólidos a las fuentes de agua superficial. Dentro de los objetivos sectoriales está “fomentar acciones ante el cambio climático global mediante la participación ciudadana, el cambio tecnológico, procesos de innovación, investigación y conocimiento para garantizar el bienestar, la seguridad humana y la competitividad del país”. Muy claramente se describen los resultados esperados, indicadores y línea base con que el país cuenta. Es claro que sí existen políticas y acciones que se deben llevar a cabo, pero los actores responsables de aplicar estas políticas parece que no poseen los recursos adecuados para el cumplimiento de las mismas.

También se menciona en dicho plan, los resultados de mejora de condiciones en riberas de ríos como El María Aguilar, situación que se repite en todo el país y en la que se debe trabajar también. La gestión local participativa tiene un papel muy importante en todos estos procesos, pero deben contar con la educación ambiental necesaria.

De acuerdo con los Objetivos del Milenio que declaró la ONU año 2000, el objetivo 7 es “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”. Es así como para el año 2015 se esperaba que 91% de la población mundial utilizara una fuente de agua mejorada en comparación con el 76% en 1990. Costa Rica ha superado esta meta, pero en el tema de saneamiento mejorado no la hemos alcanzado (ONU, 2015).

En ese mismo informe 2015 ODM, se recalca que se debe contar con datos e información veraz si se quiere el desarrollo de los países. Pero algo fundamental que también potencia la información, es que estén acordes con las políticas del gobierno.

De acuerdo con este estudio, la sostenibilidad del recurso hídrico depende de contar con un saneamiento sostenible tanto en zonas rurales como urbanas.

Costa Rica como país que se vende para un turismo “verde” debe trabajar con un enfoque más integral en dicha sostenibilidad.

En este sentido, también en este informe que estamos entregando queremos resaltar la importancia de la validez, pertinencia, coordinación y centralización de la información para la toma de decisiones en todos los niveles de las organizaciones gubernamentales. Es imposible tomar buenas decisiones sin información correcta.

No encontramos durante todo el estudio un ente o institución que tenga una base de datos consolidada con respecto del agua y saneamiento en La Provincia de Cartago, y mucho menos del país. La información está dispersa en muchas instituciones y estas no se comunican ni comparten entre sí, por lo que a la hora de buscar la información se pierde tiempo, recursos y en muchos casos se duplica la información. Al final no se puede confiar en la veracidad de informaciones parciales.

El hecho de no contar con información oportuna y veraz pone en riesgo la sostenibilidad del recurso hídrico, ante un escenario de cambio climático muy evidente, agrava las condiciones de saneamiento ambiental y desperdicia los recursos económicos que para nuestro país son escasos. No podemos darnos esa clase de lujos, a la hora de administrar los recursos y mucho menos poner en riesgo la población.

La inversión en infraestructura de saneamiento, educación ambiental, capacitación a ASADAs, apoyo en asistencia técnica a ASADAs, base de datos centralizada con sistemas de actualización que pueden ser ejecutados por universidades, tiene un retorno que no es cuantificable, pero si se puede medir en términos de una mejor calidad de vida para los costarricenses y un ambiente más sostenible.

7. Referencias bibliográficas

- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. Ley N° 5395: Ley General de Salud y sus reformas (1973). Costa Rica. Retrieved from http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=96425&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (1996). Ley Forestal. *Diario Oficial La Gaceta*, (72), 1–102.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), & Sistema de Integración Centroamericana (SICA). (2010). *Estrategia Regional de Cambio Climático*. El Salvador.
- Congreso Constitucional de la República de Costa Rica. Ley de Aguas N°276 (1942). Costa Rica.
- Contraloría General de la República de Costa Rica. (2010). Sistema Integrado de Información Municipal (SIM).
- Contraloría General de la República de Costa Rica. (2013). *Informe de la auditoría de carácter especial sobre la razonabilidad del control ejercido por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados sobre la gestión de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunes*. San José.
- Costa Rica Poder Ejecutivo. (2009). DIVISIÓN TERRITORIAL ADMINISTRATIVA DE COSTA RICA SEGÚN DECRETO N° 35213-MG. *Diario Oficial La Gaceta*, (100). Retrieved from <http://www.ifam.go.cr/PaginalFAM/ifams/Descargas/CDI/Legal/División Territorial CR> Publicado en La Gaceta 26 mayo 2009.pdf
- Costa Rica Poder Ejecutivo. Reglamento para la Calidad del Agua Potable No 38924-S (2015). Costa Rica: Imprenta Nacional. Retrieved from https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2015/09/01/ALCA69_01_09_2015.pdf
- Gandini, M. ., Pérez, M. ., & Madera, C. . (2005). Política de Control de Contaminación Hídrica en Colombia. In *I Conferencia en Lagunas de Estabilización y Reuso*. Cali.
- Guías Costa Rica. (2015). Guías Costa Rica. Retrieved October 1, 2016, from <http://guiascostarica.com/provincia-cartago/>
- IMN-PNUD. (2012). *Riesgo futuro del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático*. San José. Retrieved from http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/riesgo_futuro.pdf
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos - CR). (2012). *X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011*. San José. Retrieved from <http://www.inec.go.cr/AMS/Censos/Censo 2011/Cifras preliminares/01. Resultados Generales Censo 2011.pdf>
- Instituto Geográfico Nacional. (n.d.). Cantón 308 El Guarco. San José. Retrieved from <http://mapas-decostarica.info/atlas-cantonal-costarica/>
- Lockwood, H. (2002). *Mecanismos de apoyo institucional*. Washington, DC.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, & PNUMA. (2009). *Plan de Desarrollo Humano Local 2010-2020, Cantón El Guarco*. San José. Retrieved from http://www.ifam.go.cr/PaginalFAM/docs/PRODUCTOS_FOMUDE_2006-2011/R4-Productos/P23 Planes DHL y Agendas

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2014). *Base de Datos de Excel ASADAs*.

Municipalidad de El Guarco. (2016). Mapa de Aseo de vías y Sitios Públicos.

ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2015. Naciones Unidas*. Retrieved from http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf

Organización Meteorológica Mundial (OMM), & PNUMA. (2007). *IPPC 2007*. Ginebra.

Organización Mundial de la Salud (WHO). (2011). *Revisión anual mundial de saneamiento y agua potable (GLAAS) de ONU-AGUA de 2010: focalizando los recursos para mejores resultados*. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44689/1/9789243599359_spa.pdf

Osorio, C., & Espinosa, S. (n.d.). No Title. *Participación Comunitaria En Los Problemas Del Agua*.

Pérez Vidal, A., Torres Lozada, P., & Cruz Vélez, C. H. (2009). Fundamentos y Perspectivas de Planes de Seguridad del Agua. *Revista Ingeniería E Investigación Vol 29 N°3*.

Programa Estado de la Nación. (2014). Armonía con la naturaleza. In *Vigésimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible* (pp. 175–230). San José.

Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2002). *Metodología de la Investigación*.

Silva Rodríguez De San Miguel, J. A. (2014). Propuesta de un modelo de gestión comunitaria del agua en México. In *XIX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática*. México D.F.

Tecnológico de Costa Rica. (2014). Atlas Digital de Costa Rica 2014 ©. Cartago.

Valdés T, M. (2010). *Las Áreas de Protección del Artículo 33 de la Ley Forestal - El caso de la quebrada Los Negritos en el sector de Montes de Oca*. Universidad de Costa Rica. Retrieved from http://ijj.ucr.ac.cr/sites/default/files/documentos/t10-las_areas_de_proteccion_del_articulo_33_de_la_ley_forestal_-_el_caso_de_la_quebrada_los_negritos_en_el_sector_de_montes_de_oca.pdf

Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.45-1.1>

8. Apéndices

8.1 Encuesta a usuarios de ASADAs en la Provincia de Cartago.

Bloque 1: Identificación y Localización										
1.1 Código Localización 30 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	1.2 Código ASADA <input type="text"/> <input type="text"/>	1.3 Número encuesta	1.4 Fecha	1.5 Código Evaluador <input type="text"/>						
1.6 Nombre entrevistado:										
1.7 Escolaridad: Escuela (C)(I) Secundaria (C)(I) Universidad (C)(I)										
1.8 Número de personas que habitan en su casa:		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Bloque 2: Agua potable, usos y tratamiento								
2.1 ¿Cuánto paga de agua mensualmente?		2.2 ¿Usted trata el agua que consume?		2.3 ¿Qué tratamiento utiliza?				
		SI <input type="text"/>	NO <input type="text"/>	Cloro <input type="text"/>	Filtro <input type="text"/>	Ozono <input type="text"/>	UV <input type="text"/>	Otro <input type="text"/>
2.4 El agua que recibe generalmente presenta:		2.5 ¿Está satisfecho con la calidad del agua que recibe?						
Turbiedad <input type="text"/>	Olor <input type="text"/>	Sabor <input type="text"/>	Muy satisfecho <input type="text"/>	Satisfecho <input type="text"/>	Medianamente satisfecho <input type="text"/>	Insatisfecho <input type="text"/>		
2.6 ¿Cuál de las siguientes acciones realizan en su casa para disminuir el consumo de agua?								
Cerrar el tubo al lavar dientes <input type="text"/>	Cerrar el tubo mientras se enjabona en la ducha <input type="text"/>	Reutiliza el agua de la lavadora <input type="text"/>	Cerrar el tubo mientras enjabona los platos <input type="text"/>	Lavar el auto con cubeta <input type="text"/>	Utilizar agua de lluvia <input type="text"/>			
2.7 En su casa cuenta con dispositivos de ahorro de agua								
No () continúe en la pregunta 2.8			Si () indique cuáles de los siguientes					
Inodoros de bajo consumo <input type="text"/>	Duchas de bajo consumo <input type="text"/>	Llaves de lavamanos ahorradoras de agua <input type="text"/>	Pistola en manguera para regar jardín <input type="text"/>	Llaves del lavaplatos de bajo consumo <input type="text"/>	Tanque para captar agua de lluvia <input type="text"/>			

2.8 El suministro de agua en su casa es:			
Continuo <input type="checkbox"/>	Ausencia < 6 horas <input type="checkbox"/>	Ausencia < 12 horas <input type="checkbox"/>	Esporádico <input type="checkbox"/>
2.9 ¿Usted almacena agua? Si (), No ()			
Tanque <input type="checkbox"/>	Recipientes <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	Compra agua <input type="checkbox"/>

Bloque 3: Agua Residual manejo y tratamiento

3.1 Las excretas se disponen en:						
Tanque séptico <input type="checkbox"/>	Letrina <input type="checkbox"/>	Compostera <input type="checkbox"/>	Biojardinera <input type="checkbox"/>	Alcantarillado <input type="checkbox"/>	Caño <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>
3.2 Tipo de inodoro		3.3 Número de equipos				
Convencional <input type="checkbox"/>	Bajo consumo <input type="checkbox"/>	Inodoros <input type="checkbox"/>	Duchas <input type="checkbox"/>	Lavamanos <input type="checkbox"/>	Fregaderos <input type="checkbox"/>	Pilas <input type="checkbox"/>

El tanque de excretas							
3.4 Material construcción del tanque					3.5 Posee área drenaje		
Fibra vidrio <input type="checkbox"/>	Tubo Alcantarilla <input type="checkbox"/>	Concreto <input type="checkbox"/>	PVC <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>
3.6 El drenaje está ubicado					Observaciones:		
Adelante <input type="checkbox"/>	Lado <input type="checkbox"/>	Debajo <input type="checkbox"/>	Atrás <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>			
3.7 Ha detectado malos olores		3.8 En que época del año					
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	En Verano <input type="checkbox"/>		En Invierno <input type="checkbox"/>		Todo el año <input type="checkbox"/>	
3.9 Cerca de su casa existen							
Criaderos de dengue <input type="checkbox"/>	Aguas sucias (grises) <input type="checkbox"/>		Botaderos de basura <input type="checkbox"/>		Lotes abandonados con basura <input type="checkbox"/>		

Para uso encuestador

Se observan aguas residuales saliendo por el caño Si () No ()
 Se identifican malos olores asociados a las aguas Si () No ()

Bloque 4: RS y percepción de problemas ambientales											
4.1 La Municipalidad le brinda servicio de recolección de RS		4.2 En su casa separa los RS		4.3 En su casa se reutilizan materiales		4.4 En su casa evitan comprar materiales desechables					
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
4.5 Donde dispone sus RS											
Patio <input type="checkbox"/>	Botadero Cercano <input type="checkbox"/>	Río/ Quebrada <input type="checkbox"/>	Quema <input type="checkbox"/>	Camión Privado <input type="checkbox"/>	Camión Municipal <input type="checkbox"/>						
4.6 A donde lleva el material para reciclar											
Escuela <input type="checkbox"/>	Municipalidad <input type="checkbox"/>	Asociación Comunal <input type="checkbox"/>	Campañas Reciclaje <input type="checkbox"/>	ASADA <input type="checkbox"/>	Privado <input type="checkbox"/>						
4.7 Cuáles de los siguientes materiales separa de la basura:											
Plásticos <input type="checkbox"/>	Metales <input type="checkbox"/>	Vidrio <input type="checkbox"/>	Cartones/ Papel <input type="checkbox"/>	Baterías <input type="checkbox"/>	Venenos (agroquímicos, Cloro, medicamentos, pinturas, etc.) <input type="checkbox"/>	Agujas <input type="checkbox"/>	Electrónicos <input type="checkbox"/>				
4.8 Enfermedades sufridas en su casa en los últimos seis meses				4.9 Participa de alguna actividad de desarrollo comunal		4.10 Conoce las labores del acueducto		4.11 Según su opinión: ¿Cuál es el principal problema ambiental de su comunidad?			
Diarrea <input type="checkbox"/>	Vómitos <input type="checkbox"/>	Piel <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	RS <input type="checkbox"/>	AR <input type="checkbox"/>	Inundación <input type="checkbox"/>	AP <input type="checkbox"/>

8.2 Códigos empleados en las encuestas

Código Ubicación	Código Ubicación
30101 Oriental	30403 Pejibaye
30102 Occidental	30501 Turrialba
30103 Carmen	30502 La Suiza
30104 San Nicolás	30503 Peralta
30105 Aguacaliente o San Francisco	30504 Santa Cruz
30106 Guadalupe o Arenilla	30505 Santa Teresita
30107 Corralillo	30506 Pavones
30108 Tierra Blanca	30507 Tuis
30109 Dulce Nombre	30508 Tayutic
30110 Llano Grande	30509 Santa Rosa
30111 Quebradilla	30510 Tres Equis
30201 Paraíso	30511 La Isabel
30202 Santiago	30512 Chirripó
30203 Orosi	30601 Pacayas
30204 Cachí	30602 Cervantes
30205 Llanos de Santa Lucía	30603 Capellades
30301 Tres Ríos	30701 San Rafael
30302 San Diego	30702 Cot
30303 San Juan	30703 Potrero Cerrado
30304 San Rafael	30704 Cipreses
30305 Concepción	30705 Santa Rosa
30306 Dulce Nombre	30801 El Tejar
30307 San Ramón	30802 San Isidro
30308 Río Azul	30803 Tobosi
30401 Juan Viñas	30804 Patio de Agua
30402 Tucurrique	

Código	Nombre de ASADA	Código	Nombre de ASADA
1	ASADA El Congo	46	ASADA Urbanización Llanos de Doña Flora
2	Acueducto El Cerro	47	ASADA San Ramón
3	ASADA Las Mesas y Mesitas	48	ASADA Juan Viñas
4	ASADA Santa Eduviges	49	ASADA Buenos Aires
5	ASADA San Martín	50	ASADA Altos de Araya
6	ASADA San Miguel	51	ASADA Esclabón
7	ASADA Palo Verde	52	ASADA El Carmen, El Silencio, y Canadá
8	ASADA San Joaquín	53	ASADA El Humo
9	ASADA Urbanización Rojas Quirós	54	ASADA Piedra Azul

10	ASADA Las Colonias	55	ASADA La Flor
11	ASADA La Cangreja	56	ASADA Pacayitas
12	ASADA Jicotea	57	ASADA Jabillos
13	ASADA Mollejones	58	ASADA Colorado
14	ASADA Peralta	59	ASADA Cañón
15	ASADA Las Nubes	60	ASADA El Sauce
16	Acueducto Calle Valverde	61	ASADA El Yaz
17	ASADA Santa Eduvigis	62	ASADA Aquiares
18	ASADA Río Claro	63	ASADA Ojo de Agua Sictaya
19	Acueducto Coris Norte	64	ASADA Palomo
20	Acueducto Cooperosales	65	ASADA Pavones
21	Asada Verbená Sur	66	ASADA Paso Ancho-Boquerón
22	ASADA San Antonio	67	ASADA Torrealba
23	ASADA La Pastora	68	ASADA Higuito
24	ASADA Las Brisas de Jesús María	69	ASADA El Mora
25	ASADA Guayabo Abajo	70	ASADA San Isidro
26	ASADA Los Alpes	71	ASADA Santiago
27	ASADA Empalado La Angelina	72	ASADA Santa Cruz
28	ASADA Tayutic	73	ASADA Carmen Lyra
29	ASADA Guatuso	74	ASADA Pejibaye
30	ASADA Alto Varas	75	ASADA Santa Rosa
31	ASADA Colonias de Guayabo	76	ASADA San Juan Norte, Sur y Noche
32	ASADA El Recreo	77	Acueducto Quebradilla
33	ASADA El Coyol	78	ASADA Cipreses
34	ASADA Tres Equis	79	ASADA Orosi
35	ASADA Potrero Cerrado	80	ASADA La Suiza
36	ASADA Santa Teresita	81	ASADA Cot
37	ASADA Santa Rosa		
38	ASADA Tucurrique		
39	ASADA Colonias de La Suiza		
40	Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillado Sanitario San Vicente		
41	ASADA Cien Manzanas de San Miguel de Tuis		
42	ASADA San Antonio		
43	Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillado Sanitario San Vicente		
44	ASADA Río Macho		

8.3 Guía para la realización de aforos

Aforo Volumétrico

¿Qué es el aforo?

El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado.

El aforo por método volumétrico consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido.

Materiales necesarios:



Recipiente de volumen conocido, adecuado para el caudal a medir



Cronómetro



Libreta y lápiz

Pasos a seguir en campo:

1. Colocar el recipiente en un lugar donde se desvíe todo el caudal a medir y que permita estabilidad
2. Medir con el cronómetro el tiempo que tarda en llenarse el recipiente y anotar el valor
3. Repetir las mediciones 7 veces

Pasos a seguir en la oficina:

1. Anotar los valores de volumen del recipiente en Litros y los 7 tiempos de llenado en segundos en la ficha
 - Para calcular el promedio se debe:

+

 Sumar los **7** valores de tiempo obtenidos

÷

 Dividir el resultado de la suma entre **7**
 - Para calcular el caudal se debe:

÷

 Dividir el volumen del recipiente usado entre el promedio

Ejemplo:

Se realizó el aforo de una naciente con un recipiente de **20 L** y se obtuvieron los siguientes **7** tiempos de llenado en **segundos**: **16,41 – 17,31 – 17,27 – 16,32 – 16,84 – 17,08 – 16,68**

1. Se anotaron los valores en la ficha de registro
2. Se suman los valores: **16,41 + 17,31 + 17,27 + 16,32 + 16,84 + 17,08 + 16,68 = 117,91 s**
3. Se divide el resultado de la suma entre 7: **117,91 s ÷ 7 = 16,84 s (Promedio)**
4. Se divide el volumen del recipiente entre el promedio: **20 L ÷ 16,84 s = 1,19 L/s (Caudal)**

Elaborado por Laura Ureña Vargas 2016

8.4 Formato para el registro de los aforos

Registro de aforos, ASADA _____						
(Mes, año)						
Fuente:						
Fecha:						
Volumen (L):						
Medición	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Promedio (s):						
Caudal (L/s)						
Firma Responsable:						

(Mes, año)						
Fuente:						
Fecha:						
Volumen (L):						
Medición	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Promedio (s):						
Caudal (L/s)						
Firma Responsable:						

[illegible]